This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
SAN FRANCISCO MEDICAL CENTER
LIBRARY

SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII

EX LIBRIS

C. P. 512/5

JOURNAL

DE

L'ANATOMIE

ET DE

LA PHYSIOLOGIE

NORMALES ET PATHOLOGIQUES

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

(ANNÉE 1906)

COULOMMIERS
Imprimerie PAUL BRODARD

JOURNAL

DE

L'ANATOMIE

ET DE

LA PHYSIOLOGIE

NORMALES ET PATHOLOGIQUES

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

Fondé par CHARLES ROBIN (1864-1885)

Continué par GEORGES POUCHET (1885-1894)

PUBLIÉ PAR MATHIAS DUVAL

Membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de médecine

AVEC LE CONCOURS DE

MM. les Prs RETTERER et TOURNEUX

QUARANTE-DEUXIÈME ANNÉE

1906

Avec XIII planches hors texte et 127 figures dans le texte.

PARIS

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1906

225394

JOURNAL
DE
L'ANATOMIE
ET DE
LA PHYSIOLOGIE
NORMALES ET PATHOLOGIQUES
DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

RÉPARTITION DES GLANDES DE L'ESTOMAC
CHEZ UN SUPPLICIÉ :
PRÉSENCE DE GLANDES DE LIEBERKÜHN

Par F. JOUVENEL
Ancien chef des travaux pratiques d'histologie à l'Université de Lille.

(Travail du laboratoire d'histologie de la Faculté de médecine de Lille.)

Ayant eu à notre disposition, grâce à la bienveillance de M. le professeur Laguesse, un estomac de supplicié fixé dans de bonnes conditions, et que nous étions en droit de considérer comme provenant d'un individu sain, nous nous sommes proposé d'y déterminer la répartition des différentes variétés de glandes de la muqueuse. Étant données la rareté et l'imprécision des observations de ce genre, nous avons cru qu'il serait toujours utile de publier sans aucune prétention de généralisation les résultats de cas isolés, la réunion seule de ceux-ci pouvant permettre d'édifier à la longue un type général des glandes gastriques humaines. Nous décrirons donc ici ce que nous avons pu voir dans cette occasion, même des dispositions que l'on pourrait supposer pathologiques, ayant en effet été déçu dans notre attente de rencontrer un sujet complètement sain, persuadé qu'il y aura encore à glaner dans le

restant des faits observés pour ceux que tentera ultérieurement une étude plus générale.

Technique.

L'estomac, dont il s'agit, a été fixé, environ vingt minutes après la décapitation, par l'alcool à 70° employé de la façon suivante. L'abdomen et le thorax ayant été ouverts, l'on est allé, en ménageant le plus possible l'estomac, à la recherche du duodénum, sur lequel, après isolement, fut placée une ligature; puis après découverte de l'œsophage on sectionna celui-ci vers sa partie moyenne et on le disséqua graduellement en se dirigeant vers l'estomac; ce dernier put être ainsi peu à peu libéré de ses attaches, sans avoir été manipulé, puisque la main, qui tenait l'œsophage, était celle qui tirait doucement l'estomac. La dissection finie, un entonnoir fut placé dans la lumière de l'œsophage et de l'alcool à 70° y fut versé, jusqu'à remplir moyennement l'estomac; après ligature sur l'œsophage il ne restait plus qu'à sectionner le duodénum au-dessous du point où il était lui-même lié, pour détacher la pièce; elle fut alors placée tout entière dans un bocal contenant également de l'alcool à 70°. On put facilement rapporter le tout au laboratoire sans avoir exercé sur l'estomac de traumatisme bien grave. Quelques jours plus tard, en le sectionnant suivant la grande et la petite courbure, on le divisait en deux calottes égales antérieure et postérieure, ce qui permettait de renouveler le fixateur, qui baignait la surface interne. Graduellement la concentration de l'alcool fut augmentée et pour la conservation définitive l'alcool à 80° fut employé. Nous n'avons pu faire l'examen, qui doit être ici rapporté, qu'environ sept ans après la fixation, temps pendant lequel la pièce est restée dans l'alcool, renouvelé quand il était nécessaire.

Pour mener à bien le projet, que nous avions formé, de déterminer sur la grande et la petite courbure les régions exactes où existaient les glandes du type fundique et les glandes du type pylorique, nous avons pris sur l'une et l'autre de ces régions des fragments en des points au préalable soigneusement repérés sur un dessin de notre estomac construit avec des mesures exactes, prises sur l'organe même. C'est ce dessin même que nous figurons dans le texte de ce travail. Au niveau de la petite courbure les fragments se touchaient respectivement; ayant environ 15 ou 16 millimètres

de longueur, ils étaient au nombre de 7. Les fragments de la grande courbure, ayant également en moyenne 15 millimètres de long, étaient au contraire espacés de distances variables ayant au moins 37 millimètres, au plus 50 millimètres; mais au voisinage du pylore nous les avons prélevés contigus les uns aux autres. Nous avons dû également, quand l'examen des fragments nous avait montré en un point donné des dispositions intéressantes, prendre de nouveaux fragments dans des régions intermédiaires à celles qui avaient été étudiées; c'est ainsi que 15 fragments de la grande courbure ont pu être examinés, et de ces fragments 10, qui formaient environ le tiers pylorique de la grande courbure, se suivaient sans interruption. Toutes les mesures déterminant la situation des fragments partaient d'un pli bien apparent sur la face interne au niveau du cardia, juste au point où une diminution brusque de l'épaisseur de la tranche de l'organe indiquait le passage de l'œsophage à l'estomac.

Aux fragments d'estomac proprement dit sont venus s'ajouter un fragment de cardia et un fragment de pylore, contenant d'une part la portion terminale de l'œsophage et la portion initiale de l'estomac, d'autre part la valvule pylorique avec un fragment d'estomac d'un côté, de duodénum de l'autre.

Nous avons inclu nos fragments dans la paraffine et, pour éviter les mécomptes que donne d'ordinaire la non-imbibition par ce milieu de la sous-muqueuse, nous avons détaché complètement la muqueuse des autres tuniques, et même enlevé minutieusement les bribes de tissu conjonctif, qui auraient pu rester adhérentes à sa face profonde, de sorte que l'examen n'a porté que sur la muqueuse seule. Les coupes ont été faites à l'épaisseur de 1/300 de millimètre et plus rarement de 1/150, et collées sur lames en séries.

Pour les colorer nous nous sommes d'abord adressés à l'Hémalun, combiné aux colorants comme l'Éosine, le Rouge Bordeaux, le Congo, qui, dans notre esprit et suivant les recommandations des traités de Technique, devaient mettre en évidence de façon bien nette les cellules bordantes, dont nous voulions déterminer la localisation dans l'estomac. Or tous nos essais ont été vains : dans aucun cas nous n'avons vu les cellules bordantes ressortir de façon plus vive que le fond des autres cellules; peut-être cependant ferons-nous une exception pour l'Érythrosine, après laquelle les dites cellules avaient une teinte rouge plus intense que le rose qui

caractérisait les cellules principales. Tout à fait au hasard et un peu découragé nous avions soumis un jour une préparation à la méthode de l'hématoxyline au fer de M. Heidenhain; nous fûmes heureusement étonnés de constater à l'examen que les cellules bordantes tranchaient par une couleur violet noir foncé sur les autres cellules restées claires, et l'extension du procédé à tous les autres fragments donna les mêmes résultats. Dans ce cas les noyaux des dites cellules étaient colorés mais d'une façon relativement claire; c'était le corps cellulaire, qui était le plus foncé, et en regardant avec un fort grossissement on constatait que ce corps était criblé de fines vacuoles claires arrondies, dont les parois avaient fortement retenu le colorant. En outre fort souvent cette disposition s'observait sur une zone entourant immédiatement le noyau et dans une autre doublant en anneau le contour périphérique de la cellule; l'une et l'autre zone étant séparées par une bande claire, ne formant jamais d'ailleurs le tour complet de la cellule (fig. 1, *a* et *b*), dans laquelle les vacuoles semblaient avoir conflué.

Nous avons voulu vérifier si l'emploi de l'hématoxyline au fer pouvait être généralisé comme méthode de découverte des cellules bordantes; dans ce but nous l'avons appliquée à des coupes de fragments d'un autre estomac humain, et d'un estomac de chien fixés également par l'alcool. Dans aucun des deux cas le résultat antérieur n'a été reproduit; le noyau seul des cellules bordantes était coloré, le corps cellulaire restant incolore, et prenant ensuite les colorants de fond ajoutés, qui alors les mettaient bien en évidence. Par contre, dans un estomac humain d'autopsie fixé, vingt minutes après la mort, par le liquide de Müller, nous avons obtenu un succès plus beau encore peut-être que le premier; dans ce cas on constatait nettement dans le corps cellulaire des cellules bordantes des granulations assez volumineuses colorées en violet noir foncé. Quelques granulations plus fines existaient aussi dans les cellules principales. A quoi faut-il attribuer ces différences dans les résultats fournis par une même méthode? Est-ce aux différences de fixation? au temps pendant lequel elles ont persisté? ou bien ne dépendraient-elles pas des états fonctionnels, dans lesquels se trouvaient les cellules au moment de leur fixation? C'est ce que nous ne saurions trancher.

C'est en nous appuyant sur les figures fournies par le procédé de l'hématoxyline au fer que nous décrirons maintenant les disposi-

tions observées dans notre cas, en ce qui concerne la répartition des glandes gastriques de l'homme. Nous commencerons par le cardia; nous continuerons par la grande courbure, où les transitions sont le mieux ménagées, ce qui nous permettra d'être plus bref pour la petite courbure, par laquelle nous terminons, et au niveau de laquelle se reproduisent, bien que sur un espace plus resserré, les mêmes faits qu'au niveau de la grande courbure.

Il nous semble fastidieux de décrire successivement chaque fragment, que nous avons examiné, puisque dans plusieurs d'entre eux des observations identiques sont faites avec quelques variations de peu de valeur. Nous préférons donc réunir dans un même groupe tous les fragments, qui ont des caractères à peu près communs, et cela nous permettra de diviser chaque courbure en un petit nombre de régions distinctes.

Nous décrirons ainsi successivement :

I. — Les Glandes du cardia;

II. — Les Glandes de la grande courbure;

III. — Les Glandes de la petite courbure.

Nous discuterons ensuite la nature de formations spéciales, que nous avons rencontrées, et nous donnerons enfin la répartition générale, que nous avons observée, en la juxtaposant à celles d'auteurs, qui nous ont précédé.

I. — *Glandes du cardia.*

Le fragment, qui nous a servi pour examiner ces glandes avait une longueur de 25 millimètres environ, dont 8 pour l'œsophage, et se continuait avec la grande courbure. En se dirigeant vers cette dernière on y rencontrait successivement deux variétés de glandes : les premières, placées dans la partie initiale du fragment, ayant tous les caractères des glandes pyloriques, et qui sont celles que l'on connaît sous le nom de glandes du cardia, les secondes formant les premiers échantillons des glandes fundiques. Disséminées parmi ces deux variétés, existaient des glandes de Lieberkühn.

Les glandes des deux premières catégories viennent s'aboucher à la surface de la muqueuse par des entonnoirs excréteurs ayant des caractères communs et que nous pouvons donc décrire de suite.

Ces dernières formations commencent dès la fin de l'épithélium œsophagien; ce dernier s'amincit rapidement et forme en se termi-

nant sur la coupe longitudinale une pointe mousse; or on peut sur certaines coupes rencontrer un entonnoir immédiatement tangent à cette extrémité; en outre quelques entonnoirs excréteurs traversent l'épithélium lui-même, se rendant à certains lobules situés au-dessous de lui. Tous ces entonnoirs ont une direction générale perpendiculaire à la surface de la muqueuse, sauf pour les premiers d'entre eux déjà signalés, qui s'insinuent sous l'épithélium œsophagien. Leur trajet est ordinairement sinueux, car les coupes les montrent sectionnés en plusieurs points. Leur forme répond bien au nom d'entonnoir, qui leur est donné; néanmoins ils sont assez étroits et il n'y a qu'une légère différence entre les diamètres de leurs deux extrémités. Leur extrémité profonde arrive à peu près à mi-hauteur de la muqueuse, qui mesure en moyenne de 5/10 à 6/10 de millimètre; elle est souvent simple, quelquefois pourtant bifurquée, et continuée par les tubes sécréteurs.

Le revêtement épithélial de ces entonnoirs est constitué par une seule couche de hautes cellules prismatiques logeant un noyau ovoïde, à grand axe longitudinal, dans leur moitié basale; dans leur corps cellulaire on ne saurait noter d'architecture appréciable; leur extrémité superficielle est pourvue de Kittleisten nettes sur les coupes tangentielles, où elles dessinent des polygones réguliers à fins contours.

De place en place apparaissent avec assez de fréquence des thèques intra-épithéliales plus claires que le reste de l'épithélium et qui contiennent un plus ou moins grand nombre de leucocytes polynucléaires. Les figures ainsi formées se confondent facilement avec des figures caryocynétiques, qui se rencontrent également d'ailleurs.

Les lumières de quelques-uns de ces entonnoirs sont occupées par des amas de leucocytes qui ont traversé l'épithélium. Les noyaux de ces derniers sont très foncés, fortement découpés et montrent seulement après l'hématoxyline au fer des grains de chromatine bien nets, quoique fort serrés. Autour de chacun de ces noyaux le protoplasma apparaît comme une zone très mince plus pâle. Assez rarement certains de ces canaux excréteurs sont dilatés au point de former de vrais kystes.

C'est dans les tubes secréteurs que nous pouvons maintenant faire es distinctions que nous avons précédemment annoncées.

Ceux que l'on rencontre les premiers occupent les 5 ou 6 pre-

miers millimètres de la muqueuse gastrique, comptés à partir de la fin de l'épithélium œsophagien. En outre, comme nous l'avons dit, ils existent déjà dans la muqueuse œsophagienne sur une longueur approximative de 1 millimètre et demi en deçà du point sus-désigné, où ils sont inclus entre la muscularis mucosæ et la limite profonde de l'épithélium, qui, presque contiguës dans l'œsophage même, vont en s'éloignant graduellement l'une de l'autre à l'approche de l'estomac. Cette muscularis mucosæ les sépare en outre des glandes muqueuses œsophagiennes, qui sont contenues dans la sous-muqueuse de ce dernier canal; ces dernières s'en distinguent d'ailleurs par le volume plus grand des acini, leurs sinuosités plus marquées, leur ramification plus abondante, et les caractères de leurs cellules sécrétantes, qui sont extrêmement claires, à noyau basal aplati et même lamellaire. Nous avons pu également mettre en évidence cette différence en employant la triple coloration : Éosine, Bleu de méthylène, Bleu de toluidine formolés, indiquée par Morel et Dalous (*Presse médicale*, 12 août 1903); dans ces conditions les glandes muqueuses œsophagiennes ont une teinte bleue intense, tandis que les glandes du cardia apparaissent en rose; l'œil nu se rend très bien compte de cette distinction.

Les tubes sécréteurs sont fortement serrés les uns contre les autres; leur abondance et leur plus riche ramification les distinguent déjà de ceux des glandes fundiques. Ils se réunissent en petits lobules occupant la moitié profonde de la muqueuse et que séparent de minces, cloisons conjonctives et musculaires lisses; la forme de ces lobules est le plus souvent celle d'un triangle, dont la base regarde la muscularis mucosæ et dont le sommet est situé dans le prolongement de la coupe d'un canal excréteur, ce qui indique donc que les glandes se ramifient de plus en plus en s'enfonçant dans la profondeur. Les tubes constitutifs de ces lobules sont fort tortueux, car on les voit presque toujours coupés obliquement ou en travers. Il est exceptionnel de les voir s'aboucher dans un entonnoir excréteur.

Le revêtement épithélial, qui les tapisse, est constitué par une seule couche de cellules prismatiques ou cubiques, à noyau transverso-basal bien différencié, dont le corps cellulaire très clair ne montre pas d'architecture appréciable; elles sont limitées par une mince ligne très nettement colorée, que l'on retrouve aussi autour de la lumière, qui est toujours large, vide, de contour circulaire ou

un peu sinueux. Assez rarement on rencontre entre ces cellules claires une grosse cellule foncée, toujours isolée, de forme tronc-conique, dont le corps après hématoxyline au fer a une coloration violet noir fort accentuée, au point même de cacher le noyau, fait ordinaire sur nos coupes, que nous n'avons jamais pu obtenir fines, si bien qu'aucun détail d'architecture cellulaire n'a pu nous apparaître. Il s'agit évidemment ici de cellules bordantes, car leur aspect général est tout à fait identique à celui des mêmes éléments, que nous verrons dans les glandes fundiques. Ce fait vient donc se placer à côté de ceux qu'a découverts *Schaffer* (16) chez l'homme également. Dans certains petits lobules les tubes sont comme ratatinés, et leur lumière devient alors très fine; inversement on la voit assez souvent dilatée, les cavités secrétantes apparaissant alors comme de vrais kystes à paroi formée de cellules cubiques.

Les tubes sécréteurs des premières glandes fundiques se rencontrent à partir d'un point situé à 5 ou 6 millimètres au delà de la fin de l'épithélium œsophagien, et leurs caractères ne font que s'accentuer quand on se dirige vers le fond de l'estomac. Ils sont d'abord beaucoup moins abondants que les premiers et fort écartés les uns des autres par de larges espaces de tissu conjonctif interstitiel. Cette rareté relative est la conséquence d'une ramification de beaucoup moins touffue, que l'on voit d'ailleurs s'installer de façon très brusque. Ainsi en un certain point on trouve une sorte de petit lobule bien délimité, formé de glandes de la première catégorie, dans lequel les différentes cavités sécrétantes ont la disposition dite en « racine fasciculée », faisant suite au canal excréteur, et immédiatement après, en s'éloignant du cardia les entonnoirs fort écartés l'un de l'autre descendent presque droit dans la muqueuse et au niveau du tiers profond de celle-ci donnent naissance à des tubes sécréteurs, qui se divisent un très grand nombre de fois sans presque diverger latéralement. Les coupes les montrent le plus ordinairement sectionnés en travers ou obliquement, ce qui permet de leur attribuer un trajet fort tortueux; ces sections sont en outre plus nombreuses ou plus condensées dans la partie profonde contre la muscularis mucosæ. Il n'y a en tout cas plus, comme dans la portion précédente, de tubes fortement tassés et les lumières ne se voient qu'exceptionnellement.

Mentionnons ici l'existence de certaines cavités au contraire fort larges disséminées parmi celles dont nous parlons en ce moment;

elles font l'impression de kystes et leur paroi épithéliale est formée de cellules prismatiques hautes, bien limitées, à noyau transverso-basal, n'ayant aucunement un caractère pathologique. Ces cellules sont donc en tout semblables à celles que nous avons décrites dans les cavités sécrétantes de la première portion de notre fragment. Quelques-unes de ces dilatations, très rares, ont un épithélium fort aplati, cubique et en outre à contours déchiquetés; ici il y a eu altération pathologique certaine. Ce ne sont pas là d'ailleurs les seuls exemples, que l'on rencontre, de glandes de la première catégorie disséminées au milieu de celles de la seconde; il en existe en effet sous forme de groupes dans lesquels les cavités sécrétantes ont leurs caractères normaux Ces groupes deviennent rapidement de moins en moins nombreux et de moins en moins riches, laissant la place libre aux glandes du type fundique, dont nous allons décrire le revêtement épithélial caractéristique. Elles apparaissent dans les préparations avec une soudaineté remarquable, ce qui permettrait de représenter dans une même figure côte à côte la dernière glande du type pylorique et la première du type fundique.

La coloration à l'hématoxyline au fer est seule capable de nous révéler l'existence dans ces tubes de deux variétés de cellules, dont les unes, ayant une coloration foncée, un volume plus considérable, un contour arrondi, peuvent être caractérisées comme des cellules bordantes. Les autres sont plus petites, claires dans leur ensemble, leur noyau petit arrondi, logé dans la moitié basale, étant seul coloré, et leurs limites ne s'apprécient que très mal, ce qui les distingue très nettement des cellules sécrétantes des glandes du cardia. On ne rencontre de ces cellules bordantes que dans la partie profonde de la muqueuse; elles font donc défaut au niveau des cols glandulaires; autant que permet d'en juger l'épaisseur assez forte des coupes, elles sont situées sur la même rangée que les autres cellules et accèdent donc à la lumière par leur sommet arrondi; leur base également arrondie fait très peu saillie en dehors de la paroi glandulaire. Interposées à ces premières cellules, les autres sont beaucoup plus petites, cubiques ou prismatiques, pourvues d'un noyau arrondi ou ovoïde à fins grains de chromatine; on ne peut rien apprécier de bien net dans leur corps cellulaire.

Entre les cellules est limitée une lumière généralement étroite et dont les limites restent d'ailleurs indécises, à cause de la grande

épaisseur de nos coupes. Ces glandes, que nous venons de caractériser ainsi, ne sont donc en définitive que les premiers exemplaires des glandes du type fundique.

Il nous reste à décrire les quelques glandes de Lieberkühn que nous avons pu rencontrer; elles siégeaient un peu dans toutes les parties du fragment, que nous examinions; ainsi deux d'entre elles se trouvaient à environ 8 millimètres de la fin de l'épithélium œsophagien, une autre était beaucoup plus loin, à 15 millimètres du même point, perdue au milieu des glandes du type fundique. Il s'agit dans tous ces cas de tubes simples, de calibre et surtout de lumière plus larges que ceux des voisins. Ils sont revêtus d'un épithélium simple constitué en majorité par des cellules prismatiques hautes, à mince plateau d'aspect homogène, et à noyau basal ovoïde, parmi lesquelles sont parsemées des cellules caliciformes moins nombreuses; ce sont bien là les caractères des glandes de Lieberkühn de l'intestin. Nous n'avons que très rarement pu saisir leur abouchement à la surface de la muqueuse; l'épithélium conservait alors ses caractères jusqu'au bout; nous avons vu également deux glandes se réunir dans un entonnoir commun tapissé du même épithélium. Leur extrémité profonde légèrement dilatée se terminait le plus souvent en cul-de-sac à une distance appréciable de la muscularis mucosæ; mais dans un cas très net une glande du cardia continuait la glande de Lieberkühn, qui formait donc son canal excréteur.

Le fragment de cardia, dans lequel nous avons surtout examiné les glandes, présentait en outre une disposition du *tissu conjonctif interstitiel* du chorion et des follicules clos, dont nous dirons un mot parce qu'elle est comme calquée sur celle des glandes. En effet dans la première portion, contenant les glandes du type pylorique, le tissu interstitiel est rare dans la moitié ou les deux tiers profonds de la muqueuse, où il ne constitue que de minces travées aplaties entre les lobules glandulaires, et plus abondant dans la partie superficielle, dans laquelle il comble les larges vides laissés entre les entonnoirs et les cols glandulaires. Dans la seconde portion il est au contraire prédominant, puisque les glandes sont fort écartées; ici encore cette prédominance est plus marquée dans la région superficielle que dans la profondeur de la muqueuse.

Les *follicules clos* sont exceptionnels dans la première portion; l'un d'eux est distant de 3 millimètres de la fin de l'épithélium œsophagien et il est tout petit. Dans la seconde portion ils devien-

nent graduellement plus rapprochés et plus volumineux au fur et à mesure qu'on s'éloigne du cardia.

II. — *Glandes de la grande courbure.*

Les différents types de glandes, que nous avons pu rencontrer dans la grande courbure en la suivant du cardia vers le pylore,

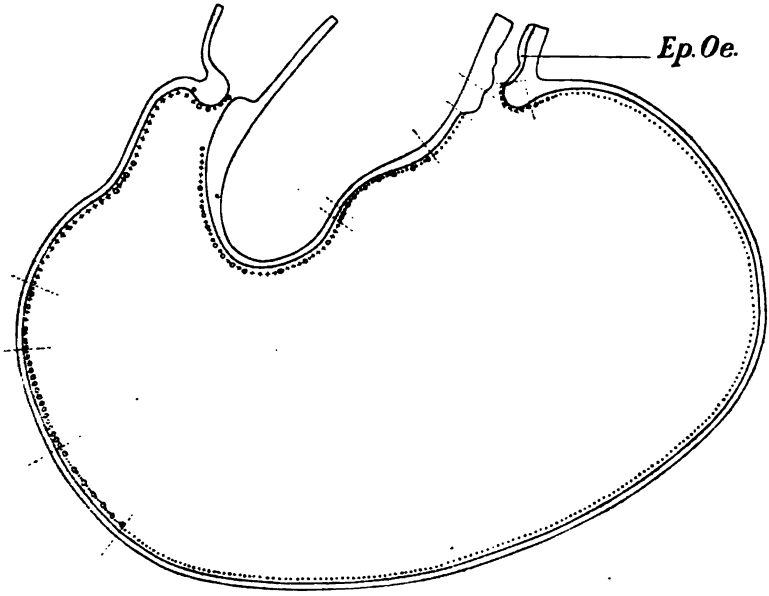


Fig. 1.

Répartition des glandes sur les deux courbures de l'estomac.

v v v v	Glandes du Cardia.
. . . . .	Glandes fundiques.
+ + + + +	Glandes pyloriques.
o o o o o	Glandes de Lieberkühn.

Les traits pointillés délimitent les régions qui sont décrites dans le texte.

Ep. Oe. : Épithélium œsophagien.

étaient répartis dans un certain nombre de régions continues, que nous décrirons successivement et dont voici l'énumération :

1° Une région contenant uniquement des glandes du type fundique;

2° Région contenant un mélange de ces dernières avec des glandes de Lieberkühn;

3° Région ne contenant que des glandes de Lieberkühn;

4° Région présentant un mélange de glandes de Lieberkühn avec des glandes pyloriques;

5° Région contenant presque exclusivement des glandes pyloriques et comprenant le pylore lui-même.

1° Région ne contenant que des glandes du type fundique. — C'est de toutes la plus considérable puisqu'elle mesure 34 cent. 7 sur les 54, que présente l'ensemble de la grande courbure. Les différences importantes, que l'on constate suivant ses différents points, résident dans le mode de tassement des glandes. En effet au début on les voit, comme précédemment dans le fragment de cardia, fort écartées l'une de l'autre par le tissu interstitiel en même temps d'ailleurs que peu ramifiées, puis graduellement elles se rapprochent de plus en plus les unes des autres, si bien que dans un fragment déterminé la muqueuse, comme on le dit dans les classiques, est presque uniquement formée de glandes : le fragment, dans lequel ce maximum de tassement est réalisé, mesure 15 millimètres et commence en un point distant de 23 cent. 10 du pli cardiaque origine de toutes nos mesures; il est donc situé dans le premier quart de la région que nous décrivons. Au delà on voit de nouveau rapidement les glandes être écartées par du tissu interstitiel et dans le dernier fragment de la région elles sont disposées les unes par rapport aux autres, comme elles l'étaient à 84 millimètres du cardia et par conséquent 18 centimètres avant d'atteindre le point du tassement maximum.

La hauteur de la muqueuse subit des variations, qui semblent être parallèles à celles qui viennent d'être exposées; en effet de 0 mm. 8 dans les premières régions, elle atteint de 1 mm. 15 à 1 mm. 30 quand les glandes sont bien nettes et bien rapprochées, pour redescendre à 0 mm. 66 quand elles sont de nouveau écartées. Il est logique de mentionner ici, à côté de ces constatations, que la région dont il s'agit en ce moment est celle qui a le plus fortement subi l'effet de la distention produite par l'injection du fixateur, comme on a pu s'en rendre compte *de visu* au moment de l'opération.

La structure des glandes présente dans tous ces points les mêmes grandes lignes; elles ont deux portions distinctes : entonnoir excréteur et tubes sécréteurs, dont les proportions relatives sont variables suivant les fragments.

Les *entonnoirs excréteurs* descendent en général jusqu'à l'union

du tiers superficiel et du tiers moyen de la hauteur de la muqueuse, assez souvent aussi jusqu'à sa mi-hauteur. Leur diamètre transversal est relativement étroit, oscillant de un demi à un dixième de millimètre; par leur extrémité profonde ils s'amincissent assez vite et, après une division peu abondante (on ne voit généralement sur les coupes pas plus qu'une bifurcation), ils se continuent avec des tubes sécréteurs. Le plus souvent coupés en long ou fort obliquement, sur les coupes perpendiculaires de la muqueuse, ils affectent donc une direction rectiligne. La distance qui les sépare les uns des autres est considérable, quand il s'agit de fragments, dans lesquels le tissu interstitiel est abondant, mais, même quand les glandes, ou mieux les tubes sécréteurs sont fort tassés, il existe encore une quantité notable de tissu conjonctif dans la partie superficielle de la muqueuse, celle qui contient ces entonnoirs, telle que l'on peut noter par exemple un intervalle de 1/10 à 2/10 de millimètre entre deux de ces formations voisines.

Le revêtement cellulaire, qui tapisse la surface interne des entonnoirs, est constitué tout à fait comme l'épithélium superficiel gastrique; il ne diffère de ce dernier que parce qu'il est toujours bien conservé, tandis que semblable fait est exceptionnel pour l'autre. Il s'agit d'une seule assise de hautes cellules prismatiques bien limitées, et possédant des Kittleisten, que montrent bien les coupes tangentielles; leur noyau central arrondi ou plus souvent ovoïde à grand axe vertical se colore nettement et montre des grains de chromatine bien différenciés, le corps cellulaire au niveau des deux tiers profonds de la cellule se colore d'une façon relativement sombre, sans qu'on y décèle d'architecture notable, tandis que dans le tiers superficiel apparaît en clair une masse homogène à contour arrondi, bien limitée par une mince ligne colorée en rose par l'Éosine, et saillant en un court dôme sur la surface de l'épithélium. C'est en un mot la cellule type de l'épithélium gastrique des mammifères.

Nous avons également rencontré, mais avec une excessive rareté, quelques cellules bordantes mêlées à ces cellules typiques des entonnoirs; elles siégeaient toujours dans les parties les plus profondes de ceux-ci, là où on pourrait peut-être déjà parler de tubes sécréteurs. Ces cellules, dans les préparations colorées à l'hématoxyline au fer, ressortaient vivement par leur coloration très foncée. Leur forme, d'ailleurs très difficile à apprécier, parce qu'elles sont mal limitées, est soit celle d'un triangle très effilé accédant à la

lumière par son sommet ou d'un rectangle également très aplati, qui touche alors la lumière par une véritable face. Dans leur centre apparaît le noyau comme une tache plus claire allongée dans le sens de l'élément, tandis que le corps cellulaire est brun dans son ensemble avec quelques fines granulations colorées en noir et groupées en amas irrégulièrement épars.

De place en place la bordure épithéliale est comme trouée par des plages plus claires, qui sont des thèques intra-épithéliales contenant des leucocytes en diapédèse, et que l'on retrouve dans presque tous les fragments. De même il y a dans les lumières de quelques entonnoirs, et ordinairement au niveau de leur profondeur, des amas de leucocytes, mais beaucoup plus rares et moins abondants que dans notre fragment de cardia.

Les tubes sécréteurs occupent, avons-nous dit, en moyenne les deux tiers profonds de la muqueuse. Ils font suite aux entonnoirs et, sur les fragments dans lesquels les glandes sont un peu écartées, on se rend assez bien compte de leur disposition, quand le plan de la coupe est précisément celui dans lequel les ramifications sont placées. On voit alors un tube mince, pouvant avoir environ 20 μ de diamètre, traverser verticalement et indivis le tiers moyen de la muqueuse, et, arrivé dans le tiers profond, se diviser en un nombre généralement petit de branches qui vont en divergeant, donnant elles-mêmes d'autres ramifications, qui, contre la muscularis mucosæ, peuvent être devenues obliques sinon parallèles à la surface de cette dernière, contre laquelle elles se terminent en cul-de-sac; ces dernières branches apparaissent presque toujours sectionnées en travers ou obliquement et leur ensemble faisant suite au tube d'abord vertical, que l'on pourrait dénommer le col glandulaire ou segment intermédiaire, a la forme d'un triangle à base regardant la profondeur. Ce mode particulier de ramification entraîne un aspect spécial de la coupe perpendiculaire de la muqueuse, sur laquelle on peut distinguer 3 zones successives, ayant à peu près les mêmes dimensions :

1° Une zone superficielle contenant les entonnoirs, vus coupés en long ou très obliquement et séparés par de larges espaces conjonctifs ;

2° Une zone moyenne, contenant les premières portions des tubes sécréteurs, ou cols glandulaires, ayant aussi une direction perpendiculaire à la surface de la muqueuse, apparaissant comme les plus

minces de tous les tubes, et écartés eux aussi par des espaces conjonctifs mais moins larges que précédemment;

3° Une zone profonde, constituée par l'ensemble des portions terminales des tubes sécréteurs, rarement vus coupés en long et ayant une direction oblique sinon parallèle à la surface muqueuse, le plus souvent offrant des coupes obliques ou transversales.

Ces portions terminales apparaissent sur de telles coupes comme étant d'un diamètre plus considérable que celui des cols glandulaires; et en effet, si l'on mesure le diamètre transversal d'un col glandulaire et celui d'un tube sécréteur profond, quand il se présente coupé en long, on constate entre les deux une différence de 4 ou 5 μ. Le tube va donc en s'élargissant à mesure qu'il se ramifie.

La lumière, que l'on peut observer dans ces tubes, est ordinairement fine, mesurant de 7 à 8 μ, plus large néanmoins dans les culs-de-sac terminaux, où elle est ainsi un peu dilatée.

Le revêtement cellulaire de ces cavités sécrétantes est, comme dans le fragment de cardia, formé de 2 variétés de cellules : cellules bordantes et cellules principales, ayant les mêmes réactions, mais beaucoup plus nettes.

Aux cellules principales il est toujours difficile d'assigner une limite; elles sont relativement petites et claires, avec noyau arrondi bien coloré.

Les cellules bordantes au contraire attirent ici l'œil dès un premier examen : après coloration à l'hématoxyline au fer elles ont au maximum les caractères que nous avons indiqués plus haut. Dans les cols glandulaires elles sont aussi abondantes que les cellules principales, ont une forme presque prismatique et accèdent nettement à la lumière par une vraie surface; dans les portions terminales elles sont en moins grand nombre, plutôt rejetées en dehors de la rangée des autres cellules, faisant alors une saillie arrondie sur la paroi externe du tube, et n'ayant avec la lumière que des rapports très difficiles à saisir.

L'*épithélium superficiel* sur toute l'étendue de cette région a les mêmes caractères; il est fort altéré, sinon desquamé, et ne se conserve qu'au niveau de l'entrée des entonnoirs sous forme de 5 ou 6 cellules juxtaposées comme les éléments d'une palissade, analogues en tout aux cellules muqueuses déjà décrites dans ces entonnoirs.

Enfin la distribution du *tissu conjonctif interstitiel* est connue

[illegible] est liée intimement au mode de tassement des glandes. [illegible] de *follicules clos* subit la même influence, puisqu'ils [illegible] les fragments, où les glandes sont espacées, et man- [illegible] quand elles sont réserrées.

[illegible] CONTENANT UN MÉLANGE DE GLANDES FUNDIQUES ET DE GLANDES [illegible]. — Elle correspond à deux de nos fragments ayant [illegible] 16 millimètres et mesure donc 32 millimètres; elle [illegible] à 29 cent. 9 du pli cardiaque, et se termine à 12 centi- [illegible] du pylore. En suivant les coupes du cardia vers le pylore, [illegible] se succéder alternativement des groupes de glandes fun- [illegible] et de glandes ayant tous les caractères de celles de Lie- [illegible] de l'intestin grêle, de telle façon que ces derniers con- [illegible] de plus en plus de glandes, se répètent de plus en plus [illegible], et finalement prédominent. Les glandes des deux [illegible] sont fortement écartées par le tissu conjonctif, dans lequel [illegible] parsemés des follicules clos, au nombre de 15 pour toute la [illegible].

[illegible] glandes du type fundique conservent leurs caractères de rami- [illegible] et de structure avec peut-être un peu moins de netteté. [illegible] leurs entonnoirs relativement plus larges et moins profonds on trouve des cellules prismatiques du type muqueux gastrique connu, mais jamais de cellules caliciformes. Le col glandulaire plus court a une lumière large et dans son revêtement cellulaire très peu de cellules bordantes. Celles-ci sont au contraire bien apparentes dans les portions profondes des tubes sécréteurs, que l'on voit tortueuses et généralement groupées en sortes de petits lobules, qu'entoure une travée conjonctive plus épaisse. De temps en temps un cul-de-sac a subi une dilatation kystique.

Les glandes du type Lieberkühn viennent aussi déboucher dans le fond d'entonnoirs. Ceux-ci, beaucoup plus larges que les précédents, en reçoivent généralement 2 ou 3 visibles sur une même coupe. Les cavités sécrétantes sont des tubes larges en moyenne de 80 μ à lumière spacieuse ayant environ 20 μ. Il est rare de les voir sectionnés sur toute leur hauteur : généralement plusieurs sections obliques se font suite. En outre, fréquemment, dans le prolongement d'une section fort oblique sinon longitudinale apparaît dans la partie profonde de la muqueuse une coupe franchement transversale, ce qui semblerait indiquer une sorte de reploiement en crochet dans la partie profonde. En tout cas les tubes ont une

direction fortement sinueuse. Leur cul-de-sac terminal est un peu dilaté, si l'on s'en rapporte aux coupes en long, qui en montrent une partie appréciable, n'est pas au contact de la muscularis mucosæ, mais séparé d'elle par une distance, que nous avons vue dans un cas être égale à 9/100 de millimètre. Les tubes sont ordinairement simples; quelquefois deux voisins se rencontrent à angle aigu avant de déboucher dans un entonnoir.

A ces caractères de forme viennent s'ajouter ceux de la constitution cellulaire pour rapprocher mieux encore ces glandes de celles de Lieberkühn. En effet on trouve ici, comme dans ces dernières, une seule assise contenant deux variétés de cellules : des cellules prismatiques à plateau cuticulaire, et des cellules caliciformes. Les premières, hautes de 20 à 25 μ, sont bien prismatiques, régulièrement juxtaposées, leur noyau bien coloré est ovoïde à grand axe longitudinal et logé dans la moitié ou le tiers profond; dans le protoplasma aucune architecture n'est appréciable. Du côté de la lumière une cuticule continue épaisse de 2 μ environ bien limitée constitue la bordure de la cellule. On ne saurait distinguer dans cette dernière de striation nette qu'en des points très limités. Les cellules caliciformes, bien apparentes en raison des vides qui les signalent, sont fort nombreuses, presque plus nombreuses même que les premières, quand on approche du fond de la glande; leur gros calice rebondi occupe les 2/3 superficiels de la cellule absolument homogène, le 1/3 profond logeant un noyau effilé et coloré en masse.

Quand on a la chance d'observer en coupe longitudinale le cul-de-sac terminal d'une de ces glandes, on constate que les cellules caliciformes y font totalement défaut : on trouve alors 5 ou 6 cellules prismatiques contenant des grains, mais ces formations étant beaucoup plus nettes dans la région qui suit celle que nous étudions maintenant, nous reporterons plus loin leur description (fig. 4).

Il est fréquent de rencontrer des groupes de tubes sécréteurs du type fundique comme encastrés dans un groupe de glandes du type Lieberkühn, généralement plutôt sur le bord de ces derniers, entre le fond des tubes et la muscularis mucosæ. L'idée vient naturellement à l'esprit que ces tubes sécréteurs s'ouvriraient dans l'une de ces dernières, qui en constituerait le canal excréteur. Mais jamais un tel abouchement ne se constate. En outre en suivant la série des

coupes on voit peu à peu d'autres tubes sécréteurs à cellules bordantes s'ajouter aux premiers, le tout formant une glande, dont on voit finalement le canal excréteur propre, dont le revêtement cellulaire n'a en rien le type intestinal. Il s'agit donc de portions de glandes fundiques ayant fortement divergé de l'axe vertical, ce qui se comprend encore mieux, quand on a constaté directement sur des coupes heureuses les tubes glandulaires presque entiers, ayant cette direction fortement oblique.

Il est intéressant de rapprocher de la répartition des glandes dans cette région celle de l'*épithélium superficiel*. Il est le plus souvent altéré sinon desquamé. Là où il est conservé, il se montre avec le type muqueux gastrique sur les zones contenant les glandes fundiques, et avec le type intestinal sur les zones de glandes de Lieberkühn, où il recouvre les courts mamelons séparant ces glandes. Dans ces dernières zones sa conservation est toujours beaucoup meilleure que dans les autres.

3° Région ne contenant que des glandes de Lieberkühn. — Elle a une longueur de 30 millimètres et commence à 33 cent. 1 du pli cardiaque; son origine est à 12 centimètres et sa terminaison à 9 centimètres du pylore. Les glandes rencontrées ici sont uniquement des glandes du type Lieberkühn, analogues à celles que nous avons vues dans la région précédente, à cette exception près que dans un seul point nous avons vu perdu au milieu des autres un groupe de culs-de-sac différents. Coupés en travers ou obliquement, ils étaient plus petits, porteurs d'une lumière fine, et tapissés de petites cellules cubiques assez claires à noyau basal arrondi, mal limitées les unes d'avec les autres. Sur le même niveau qu'eux un entonnoir, avec lequel on ne saisissait pas leur continuité sur la série des coupes, contenait de nombreux leucocytes diapédésés, et possédait un revêtement épithélial traversé de nombreuses thèques, fait qu'aucun des autres entonnoirs voisins ne présentait.

Les glandes de Lieberkühn sont fort écartées par le tissu interstitiel, dans lequel sont disséminés *10 follicules clos*, dont certains assez volumineux pour accéder à la surface de la muqueuse. Comme précédemment ce sont des tubes simples fort tortueux débouchant dans de larges entonnoirs communs à plusieurs d'entre eux. Leur revêtement cellulaire présente tous les caractères de celui des glandes de Lieberkühn : cellules prismatiques à plateau et cellules caliciformes, et en outre cellules spéciales à grains reléguées dans

le cul-de-sac terminal et qui ont ici leur maximum de netteté. A faible grossissement on note sur les tubes coupés en long ou fort obliquement l'existence dans la partie la plus profonde d'un petit nombre de cellules plus foncées et l'absence de cellules caliciformes. En regardant avec un fort objectif on constate (fig. 4) que la zone apicale de ces cellules plus foncées contient de grosses granulations arrondies, bien colorées en noir homogène par l'hématoxyline au fer : le plus souvent elles sont fortement pressées au point d'être vraiment coalescentes, ou bien elles sont unies entre elles par de minces filaments ayant mêmes réactions. L'amas de semblables grains peut être bien libre sur tout son portour, mais assez souvent un trait coloré, donnant l'impression d'une sorte de membrane mince, le délimite et l'ensemble ainsi formé ayant un contour ovalaire en imposerait facilement pour un noyau, dont les grains de chromatine sont fortement serrés. La formation est tout à fait contiguë à la lumière, y faisant quelquefois une légère saillie, et à son niveau le plateau cuticulaire manque, alors qu'il recouvre les cellules voisines, qui sont dépourvues de semblables grains. On trouve des cellules de ce genre dans presque tous les culs-de-sac, mais leur nombre varie beaucoup de l'un à l'autre. Tous ces caractères de situation, de réactions, autorisent le rapprochement de telles cellules avec les cellules à grains décrites par Paneth dans les glandes de Lieberkühn de l'intestin grêle de la souris.

L'*épithélium superficiel*, fait qui corrobore ce que nous avons déjà remarqué dans la région précédente, est partout bien conservé, n'étant en aucun point desquamé, et constitué nettement sur le type intestinal. La striation du plateau cuticulaire en particulier se montre avec une netteté exceptionnelle en certains points très limités.

4° Région présentant un mélange de glandes de Lieberkühn et de glandes pyloriques. — Correspondant à deux de nos fragments, elle a une longueur de 30 millimètres; elle commence à 35 cent. 9 du pli cardiaque et à 9 centimètres du pylore. On y trouve se succédant alternativement des zones de glandes de Lieberkühn et des zones de glandes pyloriques; les premières sont d'abord les plus abondantes en ce sens qu'elles sont les plus nombreuses et les plus étendues; ainsi, dans les dix premiers millimètres, 3 de ces zones se succèdent de très près ayant respectivement en longueur 1 mm. 30, puis 2 mm. 55, et 3 mm. 82; dans les 20 millimètres qui restent

elles sont au nombre de 4 dont deux de 0 mm. 85 environ et deux de 2 mm. 55. Inversement les glandes pyloriques augmentent fortement de façon à occuper la grande majorité de la seconde moitié de la région.

Les glandes de Lieberkühn ont ici la disposition et la structure déjà connues.

Les glandes pyloriques possèdent des entonnoirs relativement étroits, surtout par rapport à ceux des glandes de Lieberkühn, tapissés de l'épithélium muqueux gastrique traversé par des leucocytes migrateurs, qui s'accumulent dans la lumière de quelques-uns d'entre eux.

Les tubes sécréteurs sont dans les premières zones fort écartés les uns des autres et ont des dimensions plus petites que ceux qu'on rencontre plus loin. Quelques-uns se montrent, comme cela s'était produit pour les glandes fundiques, inclus entre le fond de glandes de Lieberkhün; mais jamais aucune continuité n'a été remarquée entre ces formations, et sur la série des coupes on finit par retrouver un entonnoir excréteur propre à ce groupe de tubes sécréteurs. Ce n'était donc qu'une portion latérale divergente d'une glande.

A mesure qu'on se dirige vers le pylore, on voit les culs-de-sac se condenser en vraies glandes et prendre des dimensions plus considérables. Leur calibre varie alors entre 40 et 65 μ et leur lumière entre 8 μ et 26 μ. Cette dernière apparaît donc comme très large et elle est nettement limitée. L'épithélium sécréteur de ces tubes est formé presque partout d'une seule variété de cellules : les cellules glandulaires pyloriques. En un point seulement nous avons vu s'y mélanger de vraies cellules bordantes (fig. 5).

Les premières sont de forme prismatique et dès le premier examen tranchent par les minces lignes colorées, qui les limitent entre elles et d'avec la lumière. Nous leur avons trouvé dans un cas comme dimensions : hauteur : 16 μ, largeur à la base 16 μ. Le noyau arrondi ou très peu allongé, mesurant 5 μ de diamètre dans le même cas, est tout à fait basal, bien différencié, montrant 1 ou 2 nucléoles. L'ensemble du corps cellulaire apparaît fort clair; à fort grossissement on peut y voir de minces filaments s'entre-croisant pour délimiter des mailles relativement larges et tout à fait transparentes.

Les *cellules bordantes*, qu'il nous a été donné de rencontrer ici

(*a*, fig. 5), appartenaient à un groupe de tubes sécréteurs logé dans le premier tiers de la région, soit à 8 cent. 5 environ du pylore; l'hématoxyline au fer seule les décelait en leur communiquant la même teinte violet noir foncé qu'à celles de la région fundique : comme celles-ci elles ont un gros noyau arrondi et dans leur protoplasma les mêmes fines vacuoles à travées fortement colorées; elles accèdent nettement à la lumière et ne déterminent pas de bosselure sur la paroi externe du tube. Ces cellules sont comparables à celles que *Stöhr* (5) a rencontrées dans la même région chez l'homme, et qu'il identifie aux cellules décrites par *Nussbaum* chez le chien.

L'*épithélium superficiel* se comporte comme dans la région analogue porteur de glandes fundiques; il est du type intestinal et bien conservé au-dessus des zones de glandes de Lieberkühn; il est formé des cellules muqueuses gastriques généralement altérées, sinon desquamées, au-dessus des glandes pyloriques. On peut dans certains points voir les deux types d'épithélium se continuer l'un avec l'autre.

Enfin on rencontre sur toute la longueur de la région 9 ou 10 *follicules clos* plus ou moins abondants suivant les coupes.

5° Région des glandes pyloriques. — Elle a une longueur de 64 millimètres, s'étendant jusqu'au point où apparaissent des villosités intestinales sur la muqueuse et des glandes de Brunner sous la muscularis mucosæ. Ce point est situé à environ 7 millimètres au delà du sommet de la valvule pylorique. Notre fragment de paroi stomacale se continuait en outre par une certaine longueur de duodénum égale à 17 millimètres. Les glandes pyloriques forment presque la totalité de celles qui existent ici; néanmoins quelques glandes de Lieberkühn, beaucoup moins nombreuses et surtout moins bien groupées que dans les régions précédentes, y sont mélangées; sur les coupes on en voit 2, 4, 6, 8 juxtaposées; au voisinage du pylore elles sont plus nombreuses, reproduisant alors quelques vraies zones, comme celles que nous avons déjà vues.

Les Glandes pyloriques au début sont fort écartées par le tissu conjonctif du chorion, mais assez rapidement leur tassement augmente de façon qu'elles constituent d'abord de vrais lobules séparés, et que ceux-ci ensuite sont fortement condensés, et ne se limitent plus entre eux que par des travées musculo-conjonctives. Il en est ainsi sur la valvule pylorique elle-même. La constitution de

ces glandes représente au maximum de netteté le type pylorique. Elles comprennent les deux portions déjà connues : les entonnoirs excréteurs et les tubes sécréteurs; les premiers descendent verticalement jusqu'à la mi-hauteur de la muqueuse, qui de ce fait est divisée en deux portions d'aspect différent, superficielle et profonde.

Les entonnoirs sont relativement étroits et par leur extrémité profonde se divisent un peu. Ils sont constitués par des cellules muqueuses du type gastrique, dont l'assise est fréquemment traversée par des leucocytes migrateurs, retrouvés en amas dans les lumières, et dont certaines offrent des figures caryocynétiques incontestables.

Les tubes sécréteurs ont un calibre un peu plus large que celui des entonnoirs auxquels ils font suite. Ils se ramifient rapidement de façon à ce que leurs branches divergent en bouquet à partir du point de continuité avec l'entonnoir. Les branches les plus profondes sont obliquement dirigées par rapport au plan de la muscularis mucosæ. Dans les tubes une large lumière bien limitée occupe le centre, bordée des cellules glandulaires pyloriques, claires, que nous avons déjà vues. En aucun point nous n'avons rencontré de cellules bordantes.

Avant d'arriver à la muqueuse intestinale pourvue de villosités, nous avons rencontré une sorte de zone de transition, située sur le versant duodénal de la valvule pylorique, longue de 3 ou 4 millimètres, au niveau de laquelle la hauteur de la muqueuse augmentait pour passer de 1 millimètre à 1 mm. et demi. L'attention était attirée en ce point par ce fait que, au lieu de l'alternative de mamelons et de dépressions rendant sinueuse la surface de la muqueuse, on voyait une surface brusquement bien plane et tapissée d'un épithélium intact et non plus desquamé comme auparavant. Immédiatement cette région dépassée, des villosités hérissaient la surface de la muqueuse diminuée d'épaisseur, et des glandes de Brunner apparaissaient dans la tunique celluleuse. Sur toute cette bande les glandes (fig. 6) sont beaucoup plus serrées, pourvues d'entonnoirs plus longs et plus étroits que précédemment, et surtout tapissés d'un épithélium du type intestinal, dans lequel pourtant sont réparties peu de cellules caliciformes; cet épithélium continue celui de la surface, qui a le même type. Les tubes sécréteurs, relégués dans la moitié profonde de la muqueuse, ont tous les caractères déjà décrits pour ceux des glandes pyloriques. Il y a donc ici un

intermédiaire entre les glandes pyloriques, dont l'entonnoir est revêtu de l'épithélium stomacal, et les glandes de Brunner intramuqueuses, qui ont pour canal excréteur une vraie glande de Lieberkühn. Aux premières sont empruntées et la forme et la grande dimension des entonnoirs; aux secondes, la nature du revêtement cellulaire.

Nous avons trouvé dans toute la région *21 follicules clos*, dont plus de la moitié étaient voisins de la valvule pylorique, plus abondants sur le versant gastrique que sur le versant duodénal de cette dernière.

L'*épithélium superficiel* est presque partout desquamé, ayant le type muqueux gastrique, quand il se présente assez bien conservé; seuls quelques éléments du type intestinal sont disséminés au-dessus des zones de glandes de Lieberkühn; il est, nous l'avons vu, formé de la même façon dans la zone de transition.

III. — *Glandes de la petite courbure.*

Les dimensions plus petites de celle-ci amenant un rapprochement plus serré de différentes formations, il est difficile de faire ici des divisions aussi tranchées que dans la grande courbure. Néanmoins on peut encore distinguer au point de vue de la répartition des glandes quatre régions au lieu de cinq. Nous n'avons pas rencontré en effet de région dans laquelle les glandes pyloriques existeraient absolument seules, ou plutôt avec une prédominance fort marquée, comme dans la grande courbure.

La *première région* offre des glandes du type fundique. Elle a une longueur d'un peu moins de 12 millimètres. Les glandes sont écartées les unes des autres par le tissu conjonctif interstitiel dans une proportion bien plus forte qu'au niveau de la grande courbure. Elles apparaissent ainsi bien isolées par suite de l'agglomération des tubes sécréteurs dépendant d'un même entonnoir. Dans ces derniers il y a toujours à noter des amas de leucocytes venus par diapédèse. Les cavités sécrétantes ont la même structure qu'au niveau de la grande courbure, avec cette restriction que les cellules bordantes sont presque exclusivement localisées dans la partie profonde et manquent dans la région du col. Dans toute la région on compte 6 follicules clos, plus ou moins volumineux.

La *seconde région*, partant de un peu moins de douze millimè-

tres au delà du cardia, est longue de 30 mm. 76. Les glandes fundiques y sont mélangées aux glandes de Lieberkühn suivant les mêmes règles que précédemment, c'est-à-dire par zones alternantes à peu près égales. Dans les glandes fundiques il n'est pas rare de voir soit des formes d'atrophie, soit des dilatations kystiques avec épithélium cubique. Les cellules bordantes y sont de plus en plus rares. Les plus extrêmes ont été rencontrées sur une série de préparations en un point précis distant de 46 mm. 76 du cardia. Nous avons pu renouveler ici parfois la remarque déjà faite au niveau de la grande courbure, à savoir que des culs-de-sac fundiques inclus entre la muscularis mucosæ et le fond des glandes de Lieberkühn n'avaient aucune continuité avec ces dernières et présentaient à un moment donné sur la série des coupes leur canal excréteur. Le tissu interstitiel assez abondamment réparti contient ici de 6 à 8 follicules clos.

On peut admettre l'existence d'une *troisième région* homologue de celle de la grande courbure formée par une bande de glandes de Lieberkühn seules existantes sur une longueur de 2 mm. 78. Ce n'est autre chose qu'un îlot un peu long de ces glandes, qui se trouve interposé aux glandes fundiques et aux glandes pyloriques.

Ces dernières apparaissent en un point distant de 49 mm. 54 du cardia et de 90 mm. 46 du pylore, mais mélangées en plus ou moins grande abondance à des glandes de Lieberkühn, formant notre *quatrième région*, qui mesure une longueur de 69 mm. 12. Les glandes de Lieberkühn existent sous forme de zones alternantes au niveau de la partie médiane de cette région; aux deux extrémités elles sont plus disséminées par groupes de 5 ou 10, moins nombreux encore, quand on approche du pylore. Les glandes des 2 variétés ont la structure qui leur est connue; nous avons retrouvé ici, tout à fait à la terminaison de la région, des cellules bordantes intervenant avec les cellules glandulaires ordinaires dans la constitution des tubes sécréteurs pyloriques.

Le tissu conjonctif interstitiel devient de moins en moins abondant quand on approche du pylore; les follicules clos rencontrés ici étaient au nombre de 39, plus abondants dans la région moyenne, qui contient les glandes de Lieberkühn, et où on les voit parfois unis deux à deux par une vraie bande de tissu lymphoïde.

L'*épithélium superficiel* a les mêmes caractères qu'au niveau de la grande courbure. Il est presque toujours desquamé et n'est rela-

tivement conservé qu'au niveau des zones de glandes de Lieberkühn, où il prend le type intestinal.

IV

Avant de juxtaposer les faits que nous avons relevés dans cette observation à ceux qu'ont décrits les auteurs, nous croyons utile de rechercher ce que l'on doit penser des glandes de Lieberkühn, qui existent ici avec une surprenante netteté.

Ces formations sont-elles le résultat d'une altération pathologique? ou bien sont-elles normales?

En faveur de la première hypothèse, qui nous a retenu dès l'abord, on peut faire entrer en ligne de compte d'autres faits, qui sont évidemment d'ordre pathologique : les dilatations kystiques des tubes glandulaires, les nombreuses diapédèses observées dans les entonnoirs, l'abondance dans la majorité des points du tissu conjonctif interstitiel extrêmement riche en éléments cellulaires, l'abondance et le volume des follicules clos. L'estomac de supplicié, dont nous avions entrepris l'étude en le croyant normal [1], ne l'était en réalité pas complètement. Malheureusement une enquête, que nous avons faite sur les antécédents du sujet, ne nous a fourni sur son passé morbide aucun renseignement, qui serait venu s'ajouter aux présomptions déjà énumérées.

Mais les glandes de Lieberkühn sont-elles au même titre la conséquence d'une altération morbide? Nous l'avons pensé en trouvant dans le chapitre des *Maladies de l'Estomac* de Hayem et Lyon, dans le *Traité de Médecine* de Brouardel, Gilbert, Girode (t. IV, p. 357-358), deux figures fort semblables aux images que nous offraient nos préparations de la région des glandes de Lieberkühn pures (fig 3) et représentant ce que Hayem appelle la « transformation muqueuse » des gastrites mixtes. Nous nous sommes alors reportés à la publication originale de *Hayem* (9) pour trouver des éclaircissements sur notre cas, et nous avons constaté que des faits décrits par l'auteur ne cadraient pas avec ceux que nous avons observés, empêchant donc une assimilation entre notre cas et le processus indiqué par lui. Ainsi pour Hayem ces glandes qu'il dit « être

1. Pendant son séjour à la prison, le condamné, sujet de 26 ans, n'avait jamais réclamé de soins médicaux.

à un moment assez analogues à celles qu'on trouve dans le duodénum au-dessus de la couche des glandes de Brunner », ce qui désigne bien des glandes de Lieberkühn, proviendraient d'une néoformation cellulaire partant du collet des glandes et s'enfonçant dans la partie profonde de la muqueuse, pour y prendre la place des glandes véritables atrophiées ou en voie de disparition. Mais en outre ces tubes sont « tapissés par une seule rangée de cellules claires analogues aux cellules pyloriques, mais plus granuleuses et à protoplasma légèrement strié ». — « Plus tard on voit apparaître, dans l'épithélium de la surface, celui des goulots et aussi dans celui des tubes des boules claires plus ou moins volumineuses, qui sont dues, à ce moment, à la transformation caliciforme de quelques cellules. » Or, dans toutes nos glandes de Lieberkühn, nous avons noté avec une rigoureuse constance la présence non seulement de cellules caliciformes, mais surtout de cellules prismatiques hautes à plateau cuticulaire, strié quand il était bien fixé. Il s'agit de quelque chose de différent de ce qu'a vu Hayem.

De même autre différence : Les glandes néoformées, que décrit Hayem, partent du collet des anciennes, et les entonnoirs persistent avec leur revêtement épithélial gastrique ordinaire, qui continue sans modification celui de la surface de l'estomac. Or dans notre cas l'épithélium superficiel, dans les endroits où sont installées les glandes de Lieberkühn, a lui aussi pris le type intestinal, étant donc continu avec celui des glandes.

Au moment où ces lésions s'installent, la muqueuse gastrique se trouve, d'après Hayem, divisée en deux étages plus ou moins intriqués comme les doigts dans la situation dite croisée des mains : un étage superficiel contenant les glandes de nouvelle formation et un étage profond contenant les « débris des anciens tubes et culs-de-sac glandulaires dispersés au milieu d'un tissu conjonctif épaissi et infiltré d'éléments divers ».

Nous n'avons jamais remarqué dans nos préparations les deux étages dont il s'agit. Nous avons rapporté plusieurs fois que des culs-de-sac tant fundiques que pyloriques apparaissaient inclus entre la muscularis mucosæ et le fond des glandes de Lieberkühn, mais alors il ne s'agissait pas de débris d'anciens culs-de-sac, puisque la série des coupes montrait à un moment donné, dans son intégrité, la glande à laquelle appartenaient les dits culs-de-sac simplement fort écartés latéralement.

Enfin nous avons toujours noté une indépendance complète entre les glandes de Lieberkühn et les culs-de-sac glandulaires appartenant à la région examinée. Cela nous permet de séparer notre cas de ceux de Hayem dans lesquels il voit « la substitution des glandes néoformées aux glandes anciennes ». — « Les anciennes glandes sont représentées par des espaces aréolaires, allongés ou arrondis, irréguliers, plus ou moins étendus, renfermant des amas de cellules peptiques et d'éléments provenant de modifications subies par les cellules de charpente primitives: » — « Les extrémités borgnes des glandes néoformées pénètrent dans les aréoles, et s'y développent, tantôt en refoulant les cellules anciennes à la périphérie, tantôt en contournant les parois de l'espace aréolaire et en englobant les vieilles cellules glandulaires. » Ce sont là autant de faits étrangers à nos préparations.

Bref, si nos glandes de Lieberkühn sont le produit d'un processus pathologique, elles ne sont nullement le résultat de la « transformation muqueuse » de Hayem et nous ne saurions à quel mode d'altération morbide les rattacher de façon convenable.

Nous avons trouvé la même question étudiée d'une façon approfondie et résolue dans le même sens, que nous venons d'indiquer, dans un travail de *Paul Hari* (20) datant de 1901, et que nous ne saurions mieux faire que de résumer en en donnant les principaux arguments et les renseignements bibliographiques, qui mettront le lecteur bien au courant.

Paul Hari a observé des tubes glandulaires à épithélium intestinal dans l'estomac humain; les fragments, qu'il a examinés à ce sujet provenaient de 5 estomacs malades (catarrhe chronique, cancer d'œsophage, du pylore, tumeur de l'épigastre) et avaient été prélevés sans détermination bien exacte de localisation au cours d'opérations (gastro-entérostomie ou résection).

Ces tubes, tantôt en nombre minime et groupés par îlots, tantôt plus abondants, présentaient un calibre uniforme sur toute leur hauteur; leur revêtement épithélial comprenait une seule couche de cellules prismatiques à bordure bien nette montrant sur des coupes fines tantôt une striation, tantôt simplement un aspect effrangé, assise interrompue de place en place par des cellules caliciformes donnant les réactions du mucus : la comparaison avec des coupes d'intestin grêle traitées par les mêmes méthodes assurait l'identification avec les glandes de Lieberkühn. Le tissu conjontif

entourant ces tubes, pauvre en fibres, présente beaucoup d'éléments cellulaires : lymphocytes, plasmazellen, rares mastzellen, peu de leucocytes, mais il n'avait pas les caractères d'un tissu inflammatoire, en particulier pas d'ectasies ni de sinuosités capillaires. Au voisinage de quelques-uns de ces tubes l'auteur figure des acini glandulaires pyloriques, dans lesquels quelques cellules plus volumineuses à gros noyau central sont de véritables cellules bordantes, comme l'admet *Stöhr* pour la « zone intermédiaire » de l'estomac; la présence d'un certain nombre de follicules clos lui permet d'attribuer à ses fragments comme origine la région pylorique ou la zone intermédiaire.

Hari considère ces tubes comme des formations normales de la muqueuse stomacale pouvant exister dans la région pylorique ou la zone intermédiaire, toutes deux d'ailleurs soumises pour leur étendue à de fortes variations individuelles. D'autres auteurs avant lui ont fait des découvertes semblables : *Schmidt* (14) en 1896; *Lubarsch* (15) en 1897; *Schaffer* (16) en 1897 et *Von Ebner* (17) en 1899, qui les décrit dans son Traité. Les arguments qu'il donne pour repousser l'idée d'un caractère pathologique à attribuer à ces formations sont au nombre de deux : d'abord il serait difficile d'admettre un processus histo-pathologique, tel que d'une rangée de cellules à contenu supérieur muqueux, comme sont celles de l'épithélium superficiel de l'estomac et des entonnoirs glandulaires, il ferait une rangée disparate d'éléments, dont les uns n'ont plus de contenu muqueux, mais une bordure striée, et les autres un contenu muqueux remplissant presque toute leur hauteur (cellule caliciforme).

En second lieu il n'existe aucune transition entre les cellules de revêtement normales et les cellules à bordure striée supposées pathologiques. On les voit dans une même préparation immédiatement juxtaposées sans qu'aucune formation intermédiaire vienne assurer le passage de l'une à l'autre, comme il est de règle ordinaire dans les figures pathologiques.

Il s'agit donc bien de formations normales disséminées sous forme d'îlots, comme *Schaffer* (16) a pu en décrire dans la zone de transition entre œsophage et estomac, où il existe des îlots d'épithélium gastrique entourés d'épithélium œsophagien. Il y a d'ailleurs de grandes variations individuelles dans la répartition, l'étendue, et le nombre de ces tubes à épithélium intestinal.

Pour expliquer leur présence, Hari se rallie à l'opinion de

Schaffer, qui admet que, au cours du développement ontogénique, l'épithélium d'abord uniforme de tout le tractus digestif, au lieu d'évoluer complètement vers le type gastrique dans l'estomac, est resté du type intestinal au niveau de certains îlots.

La démonstration faite du caractère normal des tubes à épithélium intestinal, il fallait expliquer les faits du même genre décrits avant Hari par d'autres observateurs, qui les avaient interprétés dans un sens pathologique, en particulier comme provenant d'une régénération aux dépens des entonnoirs glandulaires après atrophie du corps des glandes. L'argumentation de l'auteur a consisté à reprendre les observations de ses devanciers, et à faire constater que les fragments décrits par eux proviennent de la région pylorique ou de la zone intermédiaire, dont il retrouve les caractères, et que les éléments intestinaux coexistent sans aucune transition avec les éléments gastriques normaux. Il faut pourtant noter que ces observations ont été prises sur des organes présentant des lésions pathologiques ou provenant d'individus atteints d'affections diverses. Elles sont dues à : *G. Meyer* (7) 1889. — 2 cas;

Sachs (25) : 7 observations sur 13 estomacs examinés;

Schmidt en 1895 (11) : 1 cas. — *Cohnheim* (24) : plusieurs cas. — *Schmidt en 1896* (14) : Sur 3 cas d'ulcères d'estomac 2 fois existaient des tubes à épithélium intestinal au voisinage des lésions, qui occupaient alors la région pylorique;

Hammerschlag en 1896 (12) : 4 observations sur 14 estomacs observés;

Lubarsch en 1897 (15) : 11 estomacs examinés : 3 fois il y avait des cellules caliciformes et de l'épithélium à bordure; les fragments ont été obtenus au moyen de la pompe stomacale;

Leuk en 1899 (18) : 3 observations de tubes à épithélium intestinal, dont une où ces éléments siégeaient nettement au fond.

En résumé, de ses observations comme de celles que lui a apportées la bibliographie, *Hari* conclut que les tubes de l'estomac humain revêtus d'un épithélium du type intestinal ne sont pas des formations pathologiques, mais bien des éléments intestinaux vrais disséminés dans la muqueuse gastrique, où ils occupent presque exclusivement la région pylorique et la zone intermédiaire. En raison des grandes variations individuelles dans l'étendue de ces régions, on peut, dans certains cas, les rencontrer à une assez grande distance du pylore.

Notre observation peut être mise tout à côté de celles de *Hari* et interprétée comme elles, mais avec cette différence à son avantage qu'elle comporte beaucoup plus de précision et de certitude. En effet, d'abord, le sujet qui l'a fournie était encore jeune (vingt-six ans) et surtout n'était nullement classé cliniquement comme malade de l'estomac, ce qui l'éloigne fort des types pathologiques que Hari a eus à sa disposition. Ensuite notre examen systématique de toute la petite courbure, et de fragments parfaitement repérés sur la grande, nous a permis de localiser d'une façon exacte nos glandes d'aspect si disparate; elles sont bien, comme le veut Hari, l'apanage d'une zone intermédiaire, sise entre la région fundique et la région pylorique dans laquelle elles existent seules ou mélangées par îlots aux deux autres variétés de glandes, ainsi que de la région pylorique. Nous avons pu observer des détails de structure bien nets, qui forment, les dimensions mises à part, des points de rapprochement fort sérieux avec les glandes normales de l'intestin : bordure striée et surtout cellules à grains de Paneth, que nous n'avons pas vues mentionnées dans le travail de Hari, différenciations auxquelles il ne serait pas sans difficulté d'attribuer une origine pathologique.

Enfin cet épithélium à bordure striée et à cellules caliciformes, qui non seulement formait le revêtement cellulaire des tubes glandulaires, mais encore recouvrait sous forme de plages la surface de la muqueuse gastrique, était, ici aussi, comme Hari y insiste, brusquement juxtaposé à l'épithélium gastrique superficiel, et cette absence de toute formation de transition, que les pathologistes recherchent avec tant de soin, sachant la grande importance qu'elles ont, constitue bien l'argument le plus convaincant pour repousser l'idée d'une formation pathologique. Nous croyons donc pouvoir conserver de fortes présomptions en faveur de la seconde hypothèse, à savoir que nos glandes de Lieberkühn seraient ici des formations normales.

D'ailleurs la découverte dans la muqueuse stomacale d'éléments appartenant à la constitution de l'intestin a déjà été mentionnée par les auteurs et on y a décrit de l'épithélium intestinal seul ou des dispositions plus compliquées comme des glandes de Lieberkühn, des glandes de Brunner et même des glandes pancréatiques.

L'épithélium intestinal est ainsi signalé en 1894 par *Warburg* (10); dans un estomac provenant d'un individu mort de cancer du

pylore, l'épithélium comprenait des cellules à bordure striée et des cellules caliciformes, que l'auteur tend à considérer comme normales et représentant « l'état primordial des cellules épithéliales gastriques » en raison de la colossale prolifération coexistant dans les préparations. *Schmidt* (14), en 1896, admet à titre d'exception l'existence dans l'estomac normal d'épithélium du type intestinal et cela dans la région tout à fait voisine du duodénum, sur le bord de la valvule pylorique; il s'agissait, dans le cas unique qu'il a observé, de sortes de prolongements irréguliers envoyés par l'épithélium intestinal du côté de l'estomac, tenant lieu de la ligne bien tranchée, qui existe ordinairement.

Plus récemment, *Dekhuyzen et Vermaat* (22), en 1903, ont retrouvé, dans l'estomac de plusiers genres de mammifères parfaitement sains, des îlots d'épithélium superficiel ayant la structure de celui de l'intestin grêle, découverte qui semble avoir une portée et des applications plus générales, en raison de son extension à différentes espèces. Ces auteurs ont constaté, sur des estomacs de mammifères encore en lactation ou nourris au lait (Rats, Souris, Lapins), un épithélium simple surmonté d'une bordure qui rappelait celle de l'épithélium intestinal. Cette disposition était surtout marquée chez le Lapin et la Souris, où les saillies séparant les embouchures des glandes formaient des sortes de villosités revêtues d'un épithélium cylindrique, dont chaque élément était surmonté d'une formation appelée par l'auteur : Article externe (Auszenglied), constitué par des prolongements cellulaires fortement serrés, se colorant facilement par l'hématéine. Quand ces prolongements sont fort rétractés, analogues à des poils rigides, l'aspect est celui de l'épithélium intestinal. D'ailleurs, cet article externe, comme la bordure en brosse de ce dernier épithélium, ne sont que l'expression réduite d'un appareil bien net, par exemple dans l'épithélium intestinal d'Ascaris megalocephala, où il se compose de 2 portions superposées : en bas un paquet de fibrilles à peu près parallèles, courant d'abord suivant l'axe de la cellule, puis s'intriquant en un fouillis; en haut des bâtonnets épais munis d'un corpuscule basal; à la limite de séparation une plaque homogène sur laquelle reposent ces derniers bâtonnets. A cet appareil les auteurs donnent le nom de « Resorptor ». Il serait l'organe de la fonction d'absorption, que l'expérimentation physiologique a depuis longtemps permis de reconnaître à l'estomac.

Les glandes de Lieberkühn sont considérées par *Von Ebner* (17) comme pouvant exister normalement dans l'estomac : «Il y a, dit-il, au voisinage du sphincter pylorique, jusqu'à une distance de 1 à 2 centimètres, entre les fossettes stomacales, de vraies glandes de Lieberkühn typiques, qui traversent la muqueuse, disséminées çà et là en groupes plus ou moins abondants ». Nous avons signalé aussi ces glandes voisines du pylore, qui étaient en moins grand nombre que dans les parties moyennes de la grande et de la petite courbure.

D'après *Oppel* (13), d'autres auteurs ont signalé l'existence de glandes muqueuses dans la région fundique. Ainsi selon *A. Weber* (3) : « A côté des Labdrüsen proprement dites en existent encore qui appartiennent ouvertement à la catégorie des glandes muqueuses ordinaires, comme les glandes de Lieberkühn de l'intestin ». « Chez le nouveau-né elles sont plus nombreuses que chez l'adulte. Elles possèdent des cellules cylindriques et une cavité centrale. » — *Kuppfer* (6) a trouvé des glandes muqueuses simples « seulement dans la région moyenne de différents estomacs ».

Les glandes plus complexes, glandes de Brunner et glandes pancréatiques, sont admises aussi comme pouvant exister dans la muqueuse stomacale. Ainsi, pour expliquer la lésion décrite par Hayem sous le nom de polyadénome brunnérien, *Audistère* (21), reprenant une opinion de *Socca et Bensande* (19), invoque la possibilité d'une localisation aberrante congénitale dans l'estomac d'un groupe de glandes de Brunner : « Par vice de développement, un groupe de glandes duodénales se serait anormalement constitué dans la partie de l'intestin primitif, qui sera plus tard l'estomac ». — « L'existence de cette hétérotopie peut s'expliquer par le développement des glandes de Brunner. Celles-ci se développent probablement aux dépens d'évaginations directes et multiples de la paroi intestinale. Par le fait de la croissance quelques-unes de ces évaginations seraient entraînées plus ou moins loin de leur siège normal, et viendraient se loger dans la portion du tube intestinal primitif, qui plus tard formera l'estomac » (19, p. 606).

« L'interprétation des zones brunnériennes de l'estomac comme étant des groupes de glandes de Brunner aberrantes est d'autant plus acceptable que l'on a signalé des pancréas accessoires dans l'estomac et que l'on connaît les nombreuses analogies existant entre cet organe et les glandes de Brunner. *Klob* (1) a signalé le

premier l'existence d'une petite glande pancréatique aberrante dans la paroi de l'estomac. Il s'agissait d'une petite tumeur plate ayant la structure histologique du pancréas et siégeant vers la partie moyenne de la grande courbure. L'auteur a cherché en vain un canal excréteur. *Gegenbauer* (2) a trouvé une glande analogue dans la paroi antérieure de l'estomac près de la petite courbure. *Schirmer* (8) a observé un pancréas accessoire dans la paroi antérieure de l'estomac, à 1 centimètre du pylore. Il se présentait sous la forme d'un petit noyau dur, blanc, du volume d'un haricot. Il y avait sur la muqueuse une petite papille perforée à travers laquelle on pouvait faire passer une fine soie » (19, p. 603).

En nous éloignant un peu de l'estomac nous trouvons dans l'œsophage un autre exemple d'hétérotopie de glandes, que nous pouvons rapprocher des précédents. En effet, *Glinski* (123), en 1903, après *Rüdinger* et *Schaffer*, a trouvé dans les parties supérieures de l'œsophage humain des glandes peptiques présentant des cellules bordantes et des cellules pyloriques, donc de même structure que les glandes du cardia; elles se rencontreraient, selon cet auteur, chez un individu sur deux, et non chez tous, comme l'admettait avant lui *Schaffer*.

Les renseignements bibliographiques, s'ajoutant aux caractères de structure que nous avons décrits, nous conduisent donc à admettre que les glandes de Lieberkühn, que nous avons observées, ne sont nullement pathologiques, mais parfaitement normales. Elles se rencontreraient fort probablement dans d'autres examens méthodiques faits dans les mêmes conditions que le nôtre. S'il n'en était pas ainsi, c'est qu'il s'agirait dans notre cas d'une anomalie congénitale dans la localisation des glandes de Lieberkühn, qui trouverait sans doute son origine dans le développement.

Du reste, étant donnée leur localisation assez bien arrêtée dans une sorte de zone moyenne intermédiaire à la région des glandes fundiques, et à celle des glandes pyloriques, nous pouvons faire abstraction de leur existence pour déterminer, ce qui avait fait l'objet primitif de nos recherches, la répartition des deux variétés de glandes de l'estomac. C'est ainsi que nous dirons que, au niveau de la petite courbure, les glandes fundiques, caractérisées par la présence de cellules bordantes, se rencontrent sur une longueur de 42 mm. 76 et les glandes pyloriques sur 69 mm, 12, une bande

intermédiaire de 2 mm. 78 étant occupée par les glandes de Lieberkühn : les premières représentent un peu moins des deux cinquièmes, les secondes un peu plus des trois cinquièmes de la longueur totale. Dans la grande courbure les glandes fundiques existent sur 389 millimètres, les glandes pyloriques sur 94 millimètres, et les glandes de Lieberkühn sur 30 millimètres; les premières ont donc ici la prédominance, elles forment plus des trois cinquièmes de la longueur totale, les autres n'atteignant même pas à un cinquième. Nous pourrions peut-être, supposant un instant la zone moyenne de glandes de Lieberkühn comme substituée par un processus pathologique aux glandes normales, en attribuer une moitié à chacune des deux variétés de glandes, et ainsi les glandes fundiques seraient réparties sur 404 millimètres et les glandes pyloriques sur 109 millimètres de la grande courbure, ce qui ferait presque exactement quatre cinquièmes pour les premières et un cinquième pour les secondes. Tels sont les chiffres qui pourraient résumer la répartition des glandes gastriques, que nous avons essayé de déterminer sur les deux courbures de notre estomac.

Il ne nous reste plus qu'à mettre en regard les indications données par les auteurs, sans avoir la prétention de faire aucune comparaison, puisque nous n'avons voulu que rapporter une simple observation sans aucune pensée de généralisation.

Or les indications que nous avons trouvées à ce sujet dans la littérature sont presque toutes fort imprécises. Le plus souvent les auteurs disent que l'on trouve une variété de glandes au voisinage du pylore, et une autre variété dans le reste de l'étendue de la muqueuse stomacale. Des déterminaisons au moyen de chiffres sont fort rares et nous n'en avons trouvé que deux : celle de *Sappey* (1874) et celle de *Von Kuppfer* (1883).

Sappey (4), décrivant les glandes de la muqueuse gastrique de l'homme, dit : « Les glandes pepsinifères recouvrent toute la région splénique, toute la partie moyenne du viscère, ses deux courbures, et s'avancent jusqu'à la partie moyenne du pylore. Les glandes muqueuses entourent l'orifice pylorique, tapissent le cul-de-sac de la petite tubérosité, mais ne s'avancent pas au delà de 4 à 5 centimètres ». Ces indications sont reproduites dans le *Traité d'Anatomie humaine* de Poirier et Charpy par Jonnesco, revu par Charpy et Soulié (2e édition, 1901).

Von Kuppfer (6), que nous citons d'après *Von Ebner* (17), donne

des variations beaucoup plus grandes : « Dans un cas, il a trouvé la zone pylorique s'étendant sur une distance de 6 à 10 centimètres à partir du sphincter pylorique ; dans un autre cas, sur une distance de 14 centimètres ». — « L'étendue de la portion d'estomac tapissée de glandes pyloriques est ainsi très variable. »

Oppel (13) reproduit aussi les indications de Kuppfer, mais comme suit : « L'étendue de la zone pylorique atteint depuis la valvule pylorique environ 6 centimètres ; alors suit la zone de transition dans une étendue de 3 à 4 centimètres, puis la zone fundique ». Les variations des chiffres sont donc omises.

Ces chiffres ne s'adressent qu'à la zone pylorique, et, pour y comparer les nôtres, nous ne prendrons que ceux que nous avons déterminés plus haut pour cette même zone. Voici juxtaposés dans un tableau ces différents chiffres.

Étendue en centimètres de la zone pylorique :

Sappey	Kuppfer	Jouvenel
—	—	—
4 à 5	6 à 10 et 14	Petite courbure : 6,912 Grande courbure : 10,9

Nous nous rapprochons ainsi plutôt des estimations de *Kuppfer* que de celles de *Sappey*. Cependant, étant donnée la possibilité, que *Von Ebner* met en relief, de fortes variations individuelles, nous ne pouvons que signaler ces chiffres, nous défendant de leur attribuer quelque signification générale. Semblable conclusion ne serait possible qu'après un grand nombre d'estimations analogues, dont la facilité relative, quand l'organe a pu être obtenu et fixé dans de bonnes conditions, permet de souhaiter vivement la réalisation.

En résumé nous avons constaté dans la muqueuse gastrique de notre supplicié :

1° Que les cellules bordantes des glandes fundiques, qui se coloraient de façon indistincte par les colorants plasmatiques, étaient au contraire parfaitement mises en évidence par l'hématoxyline au fer ;

2° Qu'il y avait au cardia, sur une longueur de 5 à 6 millimètres, une zone de glandes spéciales, dont les éléments sécréteurs comprenaient des cellules claires, analogues aux cellules glandulaires pyloriques, et des cellules bordantes, telles que Schaffer les a précédemment décrites ;

3° Que les glandes fundiques se rencontraient dans la grande courbure sur plus des 3 cinquièmes de sa longueur, et dans la petite courbure sur un peu moins des deux cinquièmes;

4° Que les glandes pyloriques occupaient moins de un cinquième de la longueur de la grande courbure, et un peu plus des trois cinquièmes de celle de la petite;

5° Qu'il existe entre les régions, que caractérisent ces deux premières variétés de glandes, une zone intermédiaire surtout nette sur la grande courbure, où elle mesure 65 mm., dans laquelle on trouve de vraies glandes de Lieberkühn, seules dans la partie centrale de cette zone, mélangées par îlots aux deux autres variétés de glandes sur ses parties latérales;

6° Ces glandes de Lieberkühn, en raison de la perfection de leur structure : présence de cellules épithéliales à plateau cuticulaire bien différencié et de cellules à grains de Paneth dans le fond de certaines d'entre elles, et en raison du manque de figures de transition entre leur épithélium et celui de la muqueuse gastrique normale, doivent être considérées comme des formations normales;

7° Des glandes de Lieberkühn ont été rencontrées également au voisinage du cardia aussitôt après la zone de glandes spéciales à cette région, et sur la valvule pylorique.

Bibliographie.

1. Klob. — *Zeitschrift des Gesellsch. Wien. Arzte*, 1859, S. 732.
2. Gegenbauer. — *Archives de Reichert*, 1863.
3. A. Weber. — *Berichte über die Verh. der Naturf. Ges. zu Freiburg in B.*, Bd. III, Heft 3-4, S. 134-167, 1865.
4. Sappey. — *Traité d'Anatomie descriptive*, 2e éd., 1874, t. III, p. 113.
5. Stöhr. — Zur Kenntniss des feineren Baues der menschlichen Magenschleimhaut, *Arch. für mikr. Anat.*, Bd. XX, S. 221-245, 1882.
6. Kuppfer C. — Epithel und Drüsen des menschlichen Magens, *Fettschrift des ärztl. Vereins*, München, 1883, S. 27-46.
7. G. Meyer. — Zur Kenntniss der Sogenannten « Magenatrophie », *Zeitschrift für clinische Medicin*, Bd. XVI, 1889, S. 376.
8. Schirmer. — *Beitrage z. Geschichte und Anatomie d. Pancreas*, Inaug. Diss., Bâle, 1893.
9. G. Hayem. — Note sur l'Anatomie pathologique de la gastrite muqueuse, *Bull. et Mém. de la Société médicale des hôpitaux de Paris*, tome XI, 3e série. p. 579-586, 1894.
10. Warburg. — *Beiträge zur Kenntniss der Schleimhaut des menschlichen Magens*, Inaug. Diss., Bonn, 1894.
11. Schmidt. — Ein Fall von Magenschleimhautatrophie nebst Bemerkungen über die sogenannte « Schleimige Degeneration der Drusenzellen des Magens », *Deutsche medic. Wochenschr.*, n° 19, 1895.

12. Hammerschlag. — Untersuchungen über das Magencarcinom, II. Theil, *Archiv für Verdauungskrankheiten*, Bd. II, 1896.
13. Oppel. — *Lehrbuch der Vergleichenden mikroskopischen Anatomie*, Erster Theil. Der Magen, Iena, G. Fischer, 1896.
14. Schmidt. — Untersuchungen über das menschlichen Magenepithel ueber normalen und pathologischen Verhältnissen, *Wirchow's Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie*, Bd. CXLIII, S. 483, 1896.
15. Lubarsch, F. Martius. — *Achilia gastrica mit einem anatomischem Beiträge*, von O. Lubarsch, 1897, S. 132.
16. Schaffer. — Beiträge zur Histologie menschlicher Organe, *Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. der Wissenschaften in Wien*, Abth. III, Oktober 1897.
17. Von Ebner. — *A Kœlliker's Handbuch*, VI. Aufl., IV. Bd., von Victor von Ebner, 1899.
18. Leuk. — Untersuchungen zur pathol. Anat. der menschlichen Magens, *Zeitschrift für clinische Medicin*, Bd. XXXVII, 1899.
19. Socca et Bensaude. — Sur un cas de polyadénome de l'estomac à type brunnérien, *Archives de Médecine expérimentale*, 1900, p. 589.
20. Paul Hari. — Ueber das normale Oberflächen Epithel des Magens und über Vorkommen von Randsaumepithelien und Becherzellen in den menschlichen Magenschleimhaut, *Archiv für mikr. Anat. und Entwickl.*, Bd. LVIII, S. 685-726, 1901.
21. Audistère. — *L'ulcère brunnérien de l'estomac et sa dégénérescence cancéreuse*, Thèse Paris, 1903; et *Revue française de Médecine et de Chirurgie*, novembre 1903, n° 52, p. 1229.
22. Dekhuyzen und Vermaat. — Ueber das Epithel der Oberfläche des Magens, *Verhandl. der anatom. Gesellschaft auf der 17te Versammlung in Heidelberg* vom 23 Mai bis 1 Juni 1903, S. 145-152.
23. Glinski. — Les glandes à pepsine dans les parties supérieures de l'œsophage humain et leur signification, *Bull. de l'Acad. des sciences de Cracovie*, séance du 9 novembre 1903.
24. Cohnheim Paul. — Die Bedeutung kleiner Schleimhautstückchen für die Diagnostik der Magenkrankheiten, *Archiv für Verdauungskrankheiten*, Bd. 1, Heft 3, S. 281.
25. Sachs. — Zur Kenntniss der Magenschleimhaut in krankhaften Zuständen, *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacologie*, Bd. XXIV, S. 118.

Explication de la planche I.

Fig. 1. — Coupe d'une cavité sécrétante de glande fundique prise dans la grande courbure à 18 cm. 4 du pli cardiaque. Coloration : Hématoxyline au fer, Éosine. Gross. : 425 diamètres. — *a*, cellules bordantes fortement colorées; *b*, espaces clairs semi-annulaires et vacuoles observées dans presque toutes les cellules; *c*, éléments conjonctifs interacineux.

Fig. 2. — Fragment de muqueuse fundique prise dans la grande courbure à 18 cm. 4 du pli cardiaque. Hématoxyline au fer, Éosine. Gross. : 108 diamètres. — *a*, entonnoirs glandulaires; *b*, cols glandulaires; *c*, segments profonds des cavités sécrétantes; *d*, muscularis mucosæ; *e*, cellules bordantes avec espace semi-annulaire clair.

Fig. 3. — Fragment de muqueuse gastrique pris dans la grande courbure à 33 cm. 1 du pli cardiaque (3e région de notre description). Hématoxyline au fer. Éosine. Gross. : 140 diamètres. — *a*, 3 glandes de Lieberkühn bien distinctes; *b*, épithélium superficiel du type intestinal;

c, cellules glandulaires à plateau strié; *d*, cellules caliciformes; *e*, muscularis mucosæ.

Fig. 4. — Détails de l'extrémité profonde d'une glande de Lieberkühn observée dans la grande courbure à une distance de 33 cm. 1 du pli cardiaque. Hématoxyline au fer. Éosine. Gross. : 830 diamètres. — *a*, 3 cellules à grains de Paneth; *b*, bordure striée; *c*, cellule caliciforme.

Fig. 5. — Cellules bordantes dans un lobule glandulaire pylorique, pris dans la grande courbure à une distance de 35 cm. 9 du pli cardiaque et de 8 cm. 9 du pylore. Hématoxyline au fer. Éosine. Gross. : 330 diamètres. — *a*, cellules bordantes; *b*, cellules glandulaires pyloriques.

Fig. 6. — Fragment de muqueuse pris sur le versant duodénal de la valvule pylorique. Hématoxyline. Éosine. Gross. : 74 diamètres. — *a*, longs entonnoirs excréteurs à épithélium à plateau strié sans cellules caliciformes; *b*, amas de leucocytes dans l'un de ces entonnoirs; *c*, tubes sécréteurs pyloriques; *d*, muscularis mucosæ envoyant de fortes travées : *e*, entre les tubes sécréteurs.

LE FÉMUR[1]

SA DOUBLE TRANSFORMATION DANS LA SÉRIE ANIMALE

REMARQUES SUR LES TRANSFORMATIONS DES MEMBRES

Par le Dr P. LE DAMANY,
Professeur à l'École de Médecine de Rennes.

Le fémur est, dans son schème géométrique et dans son orientation, un des os les plus variables suivant les espèces animales envisagées. En le considérant comme remarquablement fixe chez l'homme et les animaux, les anatomistes se sont donc trompés. La cause de leur erreur réside dans une observation incomplète dont la source est évidemment l'hypothèse anticipée qu'à un rôle physiologique unique doit correspondre une forme unique. Le membre antérieur sert à des usages divers, à la natation d'abord, puis au port du corps sur la terre ferme, puis encore au fouissement du sol, au vol, et finalement à la préhension. La fonction à peu près unique du membre postérieur est la locomotion, soit que, dans l'eau, il propulse le corps, soit que, sur terre, il en porte le poids.

Mais à cette unité fonctionnelle, non dépourvue d'exceptions du reste, puisque les membres postérieurs de la chauve-souris sont impropres à la marche, puisque ceux de certains quadrupèdes constituent un simple gouvernail, des formes diverses correspon-

1. Ce mémoire est un nouveau complément à notre étude sur les torsions osseuses (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, mars-octobre 1903). Dans ce premier travail se sont glissées quelques inexactitudes, sans importance pour les idées qui y sont soutenues, mais que je dois corriger néanmoins.

P. 131, fig. 2, l'humérus de la tortue luth peut être soumis à la tropométrie grâce à la présence d'une tubérosité. — P. 324, l. 18, dans le coude de cet animal s'est accomplie une rotation de 90°; ce n'est donc pas un coude primitif.

P. 141, fig. 6, E, l'avant-bras de la chauve-souris est formé presque uniquement par le radius; le cubitus est un os styloïde parfaitement distinct. Il n'y a pas de soudure de ces deux os. — P. 143, l. 2, il n'est pas impossible que le tibia de certains cheiroptères soit tordu de 90°, car la malléole interne, qui devrait regarder en avant, est devenue externe; la preuve de cette torsion est difficile à faire.

dent pour deux raisons. La première est la variabilité des modes suivant lesquels se font les mouvements de la marche. Ils s'exécutent d'abord avec des membres construits pour la natation et à peine modifiés. Le perfectionnement et la spécialisation des organes, avec l'amélioration consécutive de la fonction, sont venus plus tard, parallèlement. La deuxième raison est la fixité de la ceinture pelvienne; elle forme un anneau osseux ordinairement complet, uni à la colonne vertébrale par des articulations serrées. La mobilité de l'omoplate, tout au plus fixée au reste du squelette par une

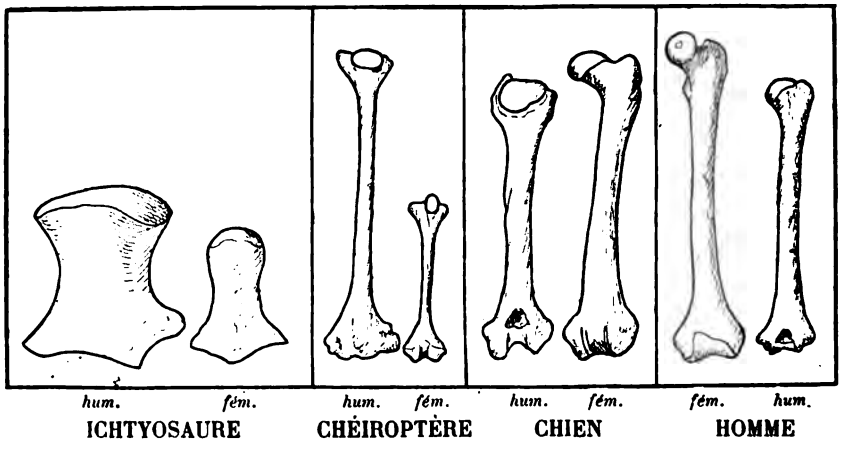


Fig. 1. — Les quatre phases phylogéniques de l'humérus et du fémur. Chez l'ichtyosaure ils sont cylindriques et semblables. Chez les chéiroptères ils sont encore semblables mais en forme d'humérus. Ceux du chien ne se ressemblent plus, l'humérus a gardé la forme précédente, mais celle du fémur a changé.
Ces deux os sont tordus dans l'espèce humaine.

clavicule, souvent par des muscles seulement chez les quadrupèdes supérieurs, permet à l'humérus de subir presque tous ses changements de direction sans altérer sa forme. La fixité de la ceinture pelvienne produit, au contraire, pour le fémur primitif, l'impossibilité de prendre, à moins de se transformer, certaines directions exigées par des fonctions nouvelles ou par le perfectionnement de fonctions anciennement acquises, mais défectueuses à l'origine.

Initialement, dans la série animale, le fémur et l'humérus ont la forme de cylindres osseux pourvus à leurs extrémités de surfaces articulaires terminales, perpendiculaires à l'axe du cylindre (fig. 1, ichtyosaure).

Dans une deuxième phase phylogénique, qui commence au téléosaure pour finir aux chéiroptères, ils ont encore gardé une

même forme, ils sont restés semblables l'un à l'autre, mais la surface articulaire supérieure s'est inclinée vers la face qui correspond à l'extension du coude et du genou. Humérus et fémur ont, tous deux, la forme d'un humérus de reptile, d'oiseau ou de mammifère quelconque, les anthropoïdes et l'homme exceptés (fig. 1, chéiroptère).

Dans une troisième phase du perfectionnement sériaire, l'humérus a conservé la forme précédente, mais le fémur modifie la direction de son axe articulaire supérieur. Précédemment, cet axe était dans un plan perpendiculaire à celui où se trouve l'axe de l'extrémité inférieure. Finalement, il se met dans le même plan; le fémur définitif et parfait est ainsi obtenu (fig. 1, chien).

Nous n'indiquons la quatrième phase que pour mention. Elle concerne uniquement les anthropoïdes et l'homme (fig. 1, homme). Leur humérus se tord pendant tout le cours de son développement. Cette torsion a pour résultat une meilleure adaptation aux fonctions de préhension. Leur fémur se tord pendant la vie intra-utérine par une imparfaite adaptation du fœtus à l'ovoïde utérin; il se détord, après la naissance, par le fait d'une difficultueuse adaptation à la station debout. Nous avons précédemment étudié ces torsions avec leurs conséquences normales et pathologiques, nous n'y reviendrons pas ici. Nous nous contenterons d'étudier les variations morphologiques que le fémur subit, et les modifications diverses des membres qui nous permettront de mieux comprendre ces transformations.

I. — ÉTUDE ANATOMIQUE.

Technique.

Pour constater les changements de forme dont nous allons nous occuper, il n'est pas besoin d'instruments compliqués, ni de technique minutieuse. En comparant un fémur de tortue à celui d'un chien on voit immédiatement une différence frappante. Quand on place leurs axes bicondyliens sur une même ligne droite, les axes des extrémités supérieures déterminent deux lignes perpendiculaires entre elles. Pourtant, entre ces deux types extrêmes il y a de nombreux intermédiaires, et, pour les apprécier, même d'une manière approximative, il faut des mensurations, si grossières qu'elles soient.

Le meilleur appareil qui ait été construit dans ce but est certainement le tropomètre de P. Broca (fig. 2), mais il n'est utilisable que pour des os isolés ou isolables des autres parties des squelettes auxquels ils appartiennent. Or, les collections d'anatomie comparée sont formées, en général, de squelettes montés dont les pièces sont réunies soit par des fils métalliques, soit le plus ordinairement,

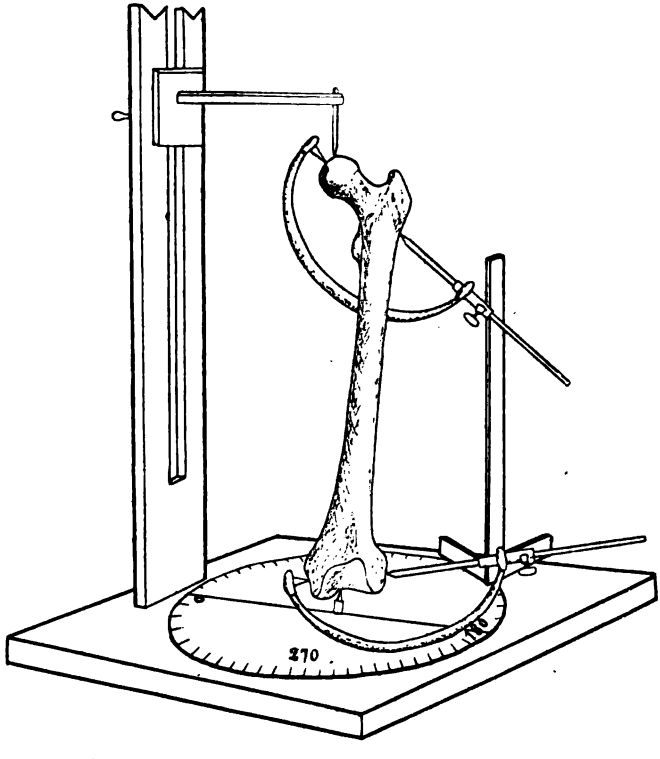


Fig. 2. — Le tropomètre de Broca, complété par une double équerre qui facilite les mesures.

quand il s'agit de petits squelettes, par les capsules articulaires elles-mêmes. Le tout est cloué à demeure et fixé sur des planchettes. Le tropomètre ne leur est pas applicable. De plus, autre difficulté, les très grandes variations de leurs dimensions nécessiteraient l'emploi de plusieurs appareils de différentes grandeurs.

En anthropologie, les mensurations peuvent et doivent se faire avec une très grande approximation, puisque, pour tous les os examinés, on retrouve dans les mêmes points des repères toujours

semblables. Il en serait de même chez toutes les espèces animales envisagées isolément. Mais si on passe d'une espèce à une autre, la forme se modifie tellement que tout essai de mensuration précise est illusoire. En tenant compte de ces difficultés et de ces imprécisions, voici comment nous avons procédé. Notre technique est grossière, mais il est difficile de faire mieux. Elle est suffisante, croyons-nous, tant les différences à constater sont évidentes pour l'œil le moins prévenu.

Cette étude est purement géométrique. Dans la morphologie des os nous laissons de côté et négligeons complètement ce qui ne se rattache pas à la direction de l'axe articulaire bicondylien par rapport à l'axe articulaire de l'extrémité fémorale supérieure.

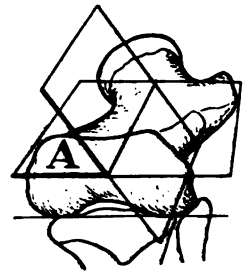


Fig. 3. — L'angle dièdre tropométrique.

P. Broca a donné le nom de *Tropométrie* à la détermination des torsions osseuses par leur valeur angulaire. Nous employons ce mot dans un sens plus large et désignons ainsi la mesure de l'angle dièdre formé par deux plans, dont l'un est déterminé par l'axe mécanique de l'os et par l'axe de l'extrémité inférieure, dont l'autre l'est par le même axe mécanique et par l'axe de l'extrémité supérieure (fig. 3). Cet angle, dans les fémurs des animaux, varie de 90° à 0°, mais ces changements ne sont pas le résultat de torsions, nous croyons l'avoir démontré. Cet angle dièdre peut être mesuré plus simplement par la projection des deux axes articulaires sur un plan perpendiculaire à l'axe mécanique. Tels sont les principes de la méthode tropométrique dans toutes les études dont la torsion du fémur et la torsion de l'humérus ont été l'objet. Seule elle est acceptable et applicable à nos recherches sur la transformation du fémur.

Pour l'évaluation de cet angle nous avons donc à préciser trois lignes soigneusement indiquées par P. Broca.

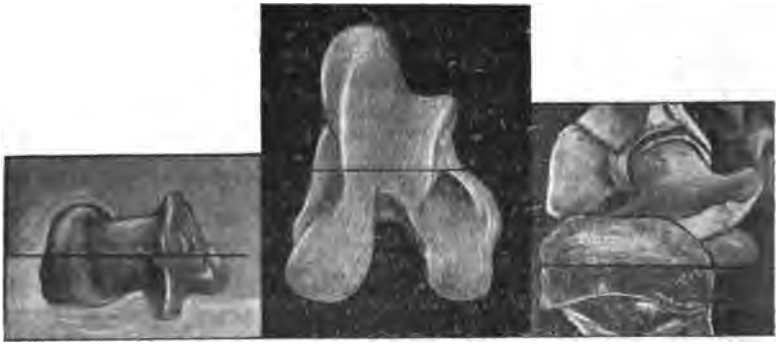
1° L'axe de l'extrémité inférieure;

2° L'axe de l'extrémité supérieure;

3° L'axe mécanique ou longitudinal.

Axe de l'extrémité inférieure. — Les auteurs, y compris P. Broca, qui ont voulu préciser la direction de cet axe, ont choisi une ligne allant du centre de figure de la face externe du condyle externe au

centre de figure de la face interne du condyle interne. Cette interprétation est défectueuse. L'extrémité inférieure du fémur, chez les animaux qui ont une rotule, comprend deux articulations. En avant, dans l'extension, en bas, dans la flexion, le fémur prend contact avec la rotule (articulation fémoro-rotulienne). En bas, dans l'extension, en arrière, dans la flexion, les surfaces condyliennes s'appliquent sur le tibia dont les plateaux ne peuvent jamais venir au contact de la trochlée. Seules les parties inférieures et postérieures des surfaces articulaires condyliennes interviennent donc dans la détermination de l'axe fémoro-tibial, axe du genou pro-



CASMARINUS GIRAFE MORSE

Fig. 4. — L'extrémité inférieure du fémur et son axe.
Chez la girafe, la lèvre externe de la trochlée fait en avant une saillie énorme qui n'influe en rien sur la physiologie du genou. Chez beaucoup de vertébrés, comme chez le morse, les deux lèvres sont également saillantes. Chez l'homme c'est l'interne.
Chez certains oiseaux, tel le casmarinus, il est prudent de s'en rapporter à la direction du tibia, perpendiculaire à l'axe du genou dans la position de flexion, pour préciser la direction de cet axe.

prement dit. Ces parties du condyle interne et du condyle externe décrivent deux courbes à peu près superposables chacune à chacune dans les diverses espèces animales quadrupèdes. L'axe du genou est donc parallèle à une ligne tangente aux condyles dans leur partie la plus saillante en arrière, parallèle, pour parler plus simplement encore, à un plan sur lequel le fémur reposerait par sa face postérieure. Pour évaluer l'angle, au lieu de l'axe proprement dit, nous pourrons donc utiliser cette dernière ligne ou ce dernier plan (fig. 4).

Nous négligeons, pour cette détermination, toute la partie antérieure des condyles fémoraux, spécialement réservée à la rotule et dont la lèvre interne ou la lèvre externe est plus saillante suivant

que les contractions musculaires ont tendance à luxer la rotule dans l'un ou dans l'autre sens. La plus ou moins grande saillie de la lèvre interne ou de la lèvre externe de la trochlée est sans effet sur la direction des mouvements du genou qui restent toujours ceux d'une charnière dans les mouvements de flexion et d'extension.

Chez certains oiseaux, l'extrémité inférieure du fémur a la forme d'une trochlée simple plutôt que celle d'une trochlée associée à un double condyle. Nos remarques précédentes ne concernent donc pas tous les représentants de cette classe de vertébrés. Mais il reste toujours facile de préciser la direction de l'axe recherché en le considérant comme la ligne idéale autour de laquelle se font les mouvements du tibia sur le fémur.

Axe de l'extrémité supérieure. — Broca l'a étudié avec soin pour l'humérus, il l'a aussi indiqué pour le fémur. Quoique nous nous proposions ici d'examiner le fémur seul, nous devons rechercher comment on détermine cet axe pour chacun des deux os, puisque certains fémurs sont semblables à des humérus. Entre les deux types de fémurs, dont l'un a la forme d'un humérus, tandis que l'autre a celle d'un fémur d'oiseau, il y a une multitude d'intermédiaires. Mais les uns sont voisins du premier, et fonctionnent comme lui; les autres en sont plus éloignés, et leurs mouvements sont ceux du fémur d'oiseau. Nous pouvons donc grouper les fémurs en deux catégories seulement pour la détermination de l'axe épiphysaire supérieur.

Dans la détermination de l'axe inférieur, nous avons fait intervenir la physiologie, et nous croyons avoir ainsi diminué les causes d'erreur. Mais nous ne pouvons y recourir pour déterminer l'axe de l'extrémité supérieure de l'humérus ou du fémur. Ces articulations sont des énarthroses, elles présentent des mouvements dans tous les sens. Certains animaux choisissent et développent ceux qui se font dans un plan. D'autres préfèrent ceux qui s'exécutent dans une direction perpendiculaire à la précédente. L'oiseau, le quadrupède supérieur aquatique, le crocodilien, la tortue, meuvent leur humérus de quatre manières différentes quoique cet os, théoriquement, garde la même forme chez tous. Pour avoir la possibilité de faire des comparaisons, nous sommes donc obligé de nous contenter d'une ligne, d'un axe dont la détermination soit purement anatomique.

Sur l'humérus et sur les fémurs ayant la forme d'humérus, après Broca, nous déterminons l'axe de l'extrémité supérieure par la méridienne humérale. Cette ligne courbe détermine un plan dans lequel se trouve l'axe anatomique de l'os. Elle coupe en deux parties égales la surface articulaire regardée en face. En prolongeant cette ligne à travers l'os, jusqu'à la face externe du trochiter, on a déterminé le plan dans lequel se trouve l'axe de l'extrémité supérieure. Il suffit de prendre, sur cette ligne méridienne, un point au centre de figure de la surface articulaire, et de placer perpendiculairement à ce point la tige qui marque l'axe. En dehors, elle traverse la grosse tubérosité.

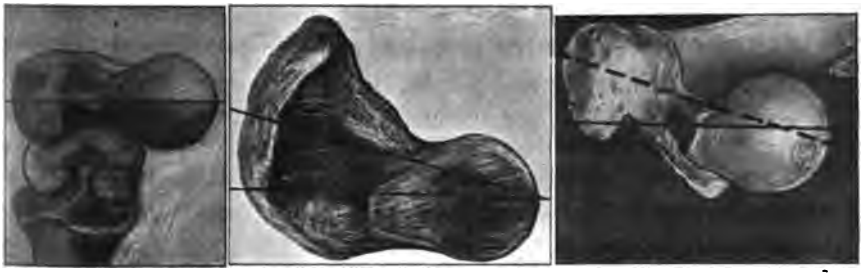
Cette ligne, appliquée à l'humérus seul par son auteur, convient aux fémurs du type ancien (en forme d'humérus) quoique la forme plus que demi-sphérique de la tête soit la cause d'une petite difficulté dans la détermination de la méridienne. Cette difficulté se retrouve, encore plus marquée, pour les fémurs des animaux supérieurs. La détermination de la méridienne par un simple coup d'œil n'est pas possible; nous ne pouvons voir les bords de la surface articulaire quand nous dirigeons notre rayon visuel vers le centre de figure. Il faut, pour l'obtenir, regarder successivement la partie supérieure, puis la partie inférieure de la tête, et, dans le tracé de la méridienne, tenir compte de la direction du col. L'axe du col doit être considéré comme partant du centre de la tête fémorale. L'extrémité externe aboutit, chez l'homme et chez certains animaux, sur la face externe de l'os, à un point également distant du bord antérieur et du bord postérieur, à une hauteur déterminée par la direction même du col, dans le plan vertical. Déjà pourtant, chez le fœtus humain et le jeune enfant, une correction est nécessaire, car la face externe du petit trochanter se continue avec la face externe du corps de l'os. Nous devons donc, par une ligne indiquant la base de ce trochanter, l'éliminer avant de marquer le repère correspondant à l'extrémité externe de l'axe.

Chez certains animaux c'est, au contraire, le grand trochanter qui, par son bord antéro-externe, se prolonge en une apophyse souvent considérable, tandis que le bord postérieur s'émousse et s'efface. Dans ces cas, l'axe de la tête d'une part, et, d'autre part, l'axe général de l'épiphyse supérieure sortant du trochanter à égale distance du bord antérieur et du bord postérieur de sa face externe, forment un angle ouvert en dehors (fig. 5, A et B). Il est

bien évident que cette protubérance, ordinairement produite par des insertions musculaires, doit être considérée comme ne modifiant en rien l'orientation réciproque des surfaces articulaires, seule importante à considérer.

Ce qu'il faut donc déterminer c'est le plan méridien de la tête et, confondu avec ce plan, l'axe de la partie interne du col. En prolongeant cet axe en ligne droite en dedans et en dehors on a, sur la surface articulaire de la tête et sur la face externe du grand trochanter, les deux repères qui précisent sa direction d'une manière visible (fig. 5, C).

Axe mécanique. — L'axe mécanique, sur les squelettes montés, ne peut être déterminé que grossièrement en traçant, par la pensée,



CHAMEAU ÉPIORNIS HALMATURUS

Fig. 5. — L'extrémité supérieure du fémur et son axe.
L'axe de la tête, axe proprement dit de l'extrémité supérieure, et une ligne allant du centre de la tête à un point également distant des bords antérieur et postérieur du grand trochanter, peuvent être très différents (épiornis, halmaturus) ou se confondre (chameau).

une ligne étendue du centre de la tête au centre de figure de la surface articulaire inférieure regardée par en bas ou encore au point où l'axe anatomique vient traverser cette même surface articulaire. Vu la variabilité de forme de ces surfaces et l'impossibilité où nous sommes même de les avoir sous les yeux, il serait présomptueux de vouloir préciser davantage.

En pratique, dans l'examen d'un fémur appartenant à un squelette monté, voici comment nous avons procédé. Une aiguille d'acier dont les dimensions sont proportionnées à celles de l'os que l'on étudie, est placée au contact des parties les plus saillantes en arrière des deux condyles fémoraux, et fixée là par un procédé quelconque, un peu de mastic de vitrier par exemple. Une deuxième suit une direction parallèle à l'axe de l'extrémité supérieure et est immobi-

lisée par un moyen analogue. Pour juger de la direction à lui donner nous plaçons notre œil aussi exactement que possible dans la direction de l'axe mécanique. La projection de l'aiguille sur l'os doit diviser en deux parties égales la tête et la moitié interne du col.

Comme les aiguilles dépassent largement l'os en dehors, il est facile d'abord de placer une lame de verre perpendiculairement à l'axe mécanique, puis l'œil étant amené exactement dans le prolongement de cet axe, de dessiner l'angle formé par la projection des deux aiguilles. Cet angle est ensuite mesuré à l'aide d'un rapporteur. Un rapporteur transparent, disposé comme la plaque de verre, permettrait même d'éviter ce dessin et donnerait la mesure immédiatement.

Si quelque doute restait dans l'esprit sur la valeur du chiffre obtenu, il serait bien facile de recommencer l'opération en supprimant la cause d'erreur soupçonnée. De plusieurs opérations successives il sera facile de déduire une moyenne dont l'exactitude sera très suffisante.

Résultats.

Fémurs primitifs. — Ces mensurations ne sont pas applicables aux fémurs du type primitif, dont les surfaces articulaires sont purement terminales, c'est-à-dire ne sont inclinées ni sur une face, ni sur l'autre de la diaphyse. Dans ces os, l'axe articulaire de la hanche ou, pour mieux dire, l'axe de l'extrémité proximale du fémur se confond avec les axes anatomique et mécanique, eux-mêmes confondus en un seul. C'est cette disposition que nous trouvons chez l'ichtyosaure, le plésiosaure, comme on la trouve dans les diverses pièces osseuses des nageoires des poissons.

Chez ces énaliosauriens, humérus et fémur se terminent, à leur extrémité proximale, par un segment de sphère perpendiculaire à l'axe de l'os et, à leur extrémité inférieure, par deux surfaces destinées, pour l'humérus, au radius et au cubitus, pour le fémur au tibia et au péroné. Humérus et fémur se ressemblent dans leur forme et dans leur orientation (fig. 6).

Ce fémur cylindrique est le fémur primitif. Sa forme rappelle celle de toutes les pièces squelettiques des poissons. Les os initiaux paraissent être, dans l'archyptérygium comme dans la nageoire,

des cylindres réguliers, dont les extrémités sont taillées perpendiculairement à l'axe. Ils pourraient tourner sur eux-mêmes et subir ainsi des changements d'orientation sans que nous puissions le savoir. En ce qui les concerne, aucune tropométrie n'est donc possible. Nous les considérons comme appartenant au type le plus ancien à cause de leur simplicité morphologique extrême et de leur simplicité fonctionnelle maxima.

Fémurs en forme d'humérus. — Donc, ce fémur cylindrique est simplement une partie d'une nageoire, d'une palette simple, dont les déplacements se font d'une seule pièce et dans une seule direc-

HUMÉRUS

FÉMUR

Fig. 6. — Ichtyosaure. L'humérus et le fémur ont la forme primitive, cylindrique.

tion, comme les mouvements d'une rame. Mais, plus tard, lorsque l'animal marin se sera aventuré sur la terre ferme, les efforts à accomplir par les membres deviendront différents. Les surfaces articulaires s'inclineront dans le sens des forces auxquelles elles devront résister.

Ces changements sont d'abord les mêmes aux membres antérieurs et aux membres postérieurs. Semblablement orientés et disposés pour agir semblablement, l'humérus et le fémur, logiquement, devront être construits sur un même plan géométrique. Dans ces fémurs et dans ces humérus, l'axe de l'extrémité supérieure forme, avec l'axe de l'extrémité inférieure, un angle à peu près droit.

A l'origine de cette transformation nous voyons, comme à l'humérus, les surfaces articulaires du fémur, primitivement terminales, s'incliner vers l'une des faces et devenir ainsi latérales; au

début, l'inclinaison est minime, par exemple chez les sauriens, les batraciens. Plus tard, quelquefois ces surfaces ainsi déplacées

Fig. 7. — Membre postérieur de téléosaure. Remarquer la forme en S du fémur, dont la tête se relève pour mieux soutenir le corps, dont l'extrémité inférieure s'abaisse pour mieux en transmettre le poids au tibia vertical. Cette forme est celle d'un humérus.

sont soulevées de plus en plus et séparées du cylindre diaphysaire par un col véritable; cela se voit surtout à l'extrémité supérieure. A l'extrémité inférieure, la surface articulaire s'incline en sens

MEMBRE POSTÉRIEUR MEMBRE ANTÉRIEUR

Fig. 8. — Membres de tortue d'eau douce (émysaure serpentine) vus de face et vus de profil. L'humérus et le fémur sont semblables entre eux et semblables à un humérus.

inverse de l'extrémité supérieure. L'os prend donc plus ou moins la forme d'un S, dont la courbe supérieure est très marquée, dont l'inférieure l'est à peine. Cette disposition est reconnaissable déjà chez le téléosaure (fig. 7); elle acquiert son maximum de

netteté chez les tortues lacustres (fig. 8); elle est évidente aussi chez les tortues marines (fig. 15).

Cette première transformation, à la suite de laquelle le fémur primitif a pris la forme d'un humérus, s'explique par une adaptation secondaire à une fonction secondairement acquise, le port du tronc sur le sol.

Entre la forme première, celle que possède l'ichtyosaure, et la différenciation la plus marquée, celle dont les chéloniens et les chéi-

A B C D E

Fig. 9. — Humérus et fémurs. Les axes des extrémités inférieures sont tous sur une même ligne droite. A, fémur de chauve-souris; B, fémur de batracien; C, fémur d'échidné; D, humérus de chien. Pour tous ces os, l'axe de l'extrémité supérieure est perpendiculaire au plan du papier. Dans le fémur de chien E, il lui est au contraire parallèle.

roptères (fig. 9) nous offrent les meilleurs exemples, il y a toute une série d'intermédiaires montrant les divers degrés de la transformation. La surface articulaire proximale est presque terminale chez certains crocodiliens, chez les batraciens et chez les monotrèmes. Mais il suffit d'une inclinaison nette, même légère, pour permettre la tropométrie.

Tableau I.

Fémurs en forme d'humérus.

Dans l'humérus type et dans le fémur de même forme, l'axe de l'extrémité inférieure et l'axe de l'extrémité supérieure, projetés sur un plan

perpendiculaire à l'axe mécanique, forment entre eux des angles droits. Mais cet idéal géométrique ne se réalise presque jamais. Les angles sont ordinairement inégaux. Nous avons toujours mesuré celui qui correspond au condyle interne. On peut considérer nos chiffres comme exacts à 10° près.

Sauriens.

Sphénodon	D 80° G 90°	Crocodile	D 100° G 100°
Lacertilien	D 100° G 100°	Varan	D 110° G 120°
Caméléon	D 90° G 90°	Crocodilien	D 70° G 65°
Crocodilien	D 70° G 65°	—	D 120° G 100°

Moyenne 92°, surface presque terminale.

Batraciens anoures.

Crapaud	D 60° G 45°	Espèces exotiques	D 70° G 80°
Rana esculenta	D 90° G 90°	—	D 80° G 60°
		—	D 70° G 75°

Moyenne 72°, surface presque terminale.

Fémur définitif (*type aviaire*). — Prenons maintenant le fémur d'un oiseau et étudions les rapports géométriques que présente l'axe de l'extrémité supérieure avec celui de l'extrémité inférieure. Avec l'axe mécanique de l'os, ces deux axes ne forment qu'un seul plan. Cette disposition est absolument commune à tous les oiseaux, qu'ils volent, qu'ils marchent ou qu'ils nagent. L'axe de l'extrémité inférieure est à peu près perpendiculaire à l'axe mécanique, celui de l'extrémité supérieure est parfois très incliné, mais il reste dans le même plan, et c'est là ce qui caractérise ce fémur nouveau modèle.

Si, parfois, au premier coup d'œil, cette disposition schématique ne semble pas se réaliser, cela tient à l'exagération de la saillie en avant du grand trochanter ou à la saillie d'une lèvre de la trochlée. Nous avons dit comment, par une tropométrie méthodique et raisonnée, cette double cause d'erreur peut être éliminée. Il faut bien aussi ne pas oublier que les os des animaux ne sont jamais construits suivant des plans géométriques très précis. Des variations autour du type idéal sont absolument de règle et ne présentent aucun inconvénient au point de vue fonctionnel, le seul important en l'espèce. Pour avoir des chiffres exacts à un degré près, il faudrait mesurer beaucoup d'échantillons de chaque espèce et prendre des moyennes.

Broca et tous les auteurs qui l'ont précédé ou suivi pensaient que le fémur type, le plus ancien, le seul existant, est celui dont l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure ont leurs axes dans un même plan. Cette forme est, au contraire, d'apparition relati-

vement tardive. La nature l'a obtenue après une longue attente et une lente évolution; elle ne l'a attribuée, dans toute sa perfection, qu'à la classe des oiseaux et à une partie des mammifères (fig. 9).

Tableau II.

Fémurs de forme définitive.

Dans le fémur du type définitif, l'axe de l'extrémité supérieure et celui de l'extrémité inférieure sont dans un même plan. Cette perfection idéale est rare, excepté chez les oiseaux. Ordinairement, ces deux lignes, projetées sur un plan perpendiculaire à l'axe mécanique de l'os, déterminent deux angles, l'un petit, l'autre grand. Nous avons toujours mesuré le plus petit, celui dont l'ouverture est au-dessus du condyle interne (fig. 3). (Nos mesures ne sont valables qu'à 10° près.)

Mammifères.

Anthropoïdes. — Il est possible et même probable, au moins pour le gorille, qu'une torsion commence à se produire dans le fémur.

Gorille	D 30° G 25°	Chimpanzé	D 7° G 15°
Orang	D 5° G 6°	—	D 10° G 10°

Quadrumanes.

Maki	D 10° G 15°	Semnopithèque	D 20° G 15°
Atèle	D 10° G 15°	—	D 25° G 10°
Cynocéphale	D 0° G 10°	Lémur ovarius	G 20°

Carnassiers. — Pinnipèdes (marins).

Phoque	D 15° G 10°	Morse	D 10° G 5°
Otarie	D 5° G 10°		

Fissipèdes.

Chien	D 5° G 10°	Blaireau	D 15° G 20°
Renard	D 10° G 10°	Glouton	D 30° G 20°
Hyène	D 10° G 20°	Loutre	D 20° G 20°
Chat	D 5° G 20°	Ours	D 20° G 10°
Lion	D 15° G 15°		

Rongeurs.

Porc-épic	D 20° G 10°	Mara	D 30° G 45°
Paca	D 20° G 20°		

Ongulés.

Cheval	D 20° G 15°	Vache	D 15° G 15°
—	D 10° G 10°	Cerf	D 15° G 15°
Chameau	D 5° G 5°	Daim	D 10° G 20°
Girafe	D 30° G 25°	Alpaca	D 20° G 20°

Édentés.

Tatou	D 10° G 10°	Pangolin	D 25° G 20°
Fourmilier	D 10° G 10°	Priodonte géant	D 15° G 10°
Cachicame	D 10° G 0°	Dasype	D 0° G 20°

Marsupiaux.

Kanguroo	D 0° G 0°	Phascolome wombat	D 30° G 35°
Sarigue	D 0° G 0°	Dasyure	D 20° G 15°

Oiseaux.

Autruche	D 0° G 0°	Paon	D 0° G 0°
Casoar	D 0° G 0°	Cygne	D 0° G 0°
Héron	D 0° G 0°	Perroquet	D 0° G 0°
Vautour	D 0° G 0°	Didyformis	D 0° G 0°
Aigle	D 0° G 0°	Casmarinus	D 0° G 0°
—	D 0° G 0°	Épiornis	D 0° G 0°

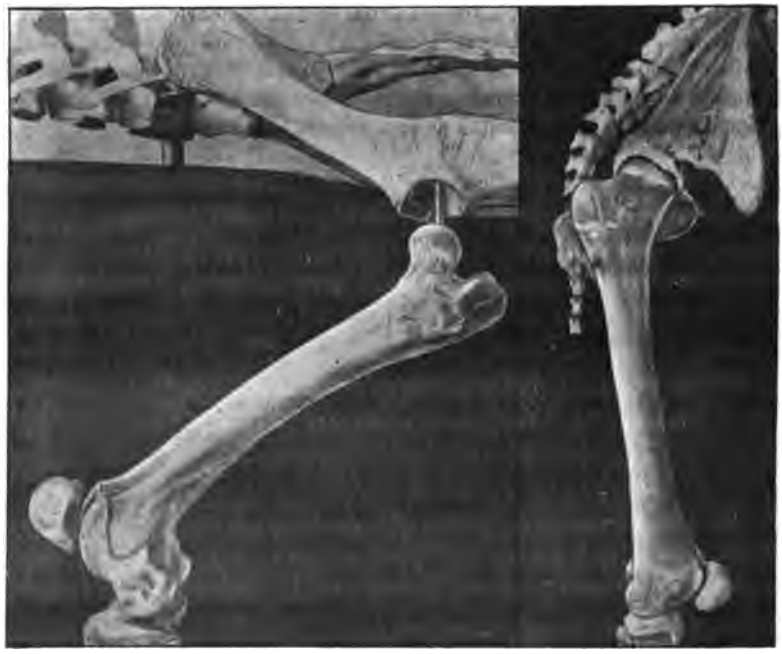


Fig. 10. — Fémur de sanglier. Fig. 11. — Fémur d'éléphant.
Dans ces fémurs, la tête n'est ni interne, ni antérieure. Elle est oblique d'un demi-angle droit, à peu près, en avant et en dedans pour l'un, en haut et en dedans pour l'autre.

Fémurs de formes intermédiaires. — Aujourd'hui encore, on a pu le voir par les deux tableaux précédents, chez un grand nombre d'animaux le fémur n'a, géométriquement parlant, ni la forme d'un humérus, ni la forme d'un fémur d'oiseau, mais une conformation intermédiaire entre les deux précédentes. Chez eux, pour des raisons que nous devrons rechercher, la nature a préféré s'arrêter à une différenciation incomplète.

Dans ces fémurs, l'axe du genou et l'axe mécanique déterminent

un plan. L'axe mécanique et celui de l'extrémité supérieure en déterminent un autre. Tous deux se coupent suivant l'axe longitudinal et forment ainsi un angle dièdre. Pour le fémur primitif cet angle est droit, pour celui de l'oiseau il est nul. Chez ces mammifères il est intermédiaire entre 90° et 0° (fig. 10, 11 et 12); de sus-trochléenne la tête fémorale tend de plus en plus à devenir sus-condylienne interne.

Si différents suivant les espèces, les chiffres fournis par nos mensurations nous montrent un grand nombre de conformations intermédiaires entre la première et la seconde et semblent fort probants pour la démonstration du passage de l'un à l'autre.

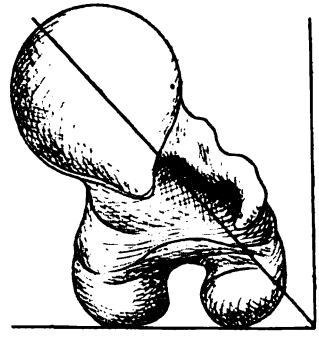


Fig. 12. — Fémur de jeune éléphant, vu en raccourci. Son angle tropométrique.

La transformation présente deux phases. Dans l'une, le fémur, tout en gardant la forme d'un humérus, incline légèrement sa tête vers le plan bicondylien (tableau I). Physiologiquement, cet os est l'équivalent d'un humérus et fonctionne comme tel, quoique se trouvant au membre postérieur. Dans l'autre (tableau II), l'inclinaison du col en dedans est plus grande, la transformation plus avancée; physiologiquement, ce fémur appartient au modèle le plus nouveau, il fonctionne exactement comme le fémur d'un oiseau.

Nous ne citons ici que quelques exemples isolés, tout à fait démonstratifs, de fémurs appartenant par leur mode de fonctionnement au type aviaire, et pourtant remarquables par la grandeur de l'angle tropométrique que forment leurs deux axes.

Tableau III.

Fémurs de formes intermédiaires.

Proboscidiens. — Fémur vertical.

Éléphant vieux	D 50° G 45°
— jeune	D 55° G 60°

Suidés. — Fémur presque horizontal.

Phacochère	D 30° G 20°
Sanglier	D 60° G 40°
Tapir	D 30° G 30°

II. — LES CAUSES DE CES TRANSFORMATIONS; LEURS MÉCANISMES.

Ce problème est complexe puisqu'il comprend les transformations du cylindre primitif en un os semblable à l'humérus de tous les quadrupèdes, puis le remplacement progressif du fémur ainsi modifié par un os de conformation nouvelle, beaucoup plus favorable à la marche, et dont le type est le fémur de l'oiseau. Les questions à résoudre sont celles de savoir pourquoi et comment ces changements se sont accomplis dans certaines espèces, pourquoi ils ont totalement fait défaut chez d'autres, pourquoi enfin ils sont souvent restés incomplets.

Nous trouverons la clef de ce problème dans les principales étapes évolutives de la classe des vertébrés. L'animal marin primitif souvent est devenu animal terrestre; parfois, comme les cheiroptères, il a utilisé ses quatre membres pour le vol; fréquemment, il les a adaptés pour la course et le saut. Les oiseaux réservent le vol aux membres antérieurs et spécialisent les postérieurs en vue de la marche. Certains animaux, après avoir été des volatiles, redeviennent des animaux simplement marcheurs (autruches). D'autres, mammifères (pinnipèdes) ou oiseaux (palmipèdes), retournent à leur élément primitif et nagent, soit dans ses profondeurs, soit à sa surface; mais le retour en arrière est, en ce cas, toujours imparfait.

A. — Causes de la conservation des formes anciennes.

Tant que les animaux sont restés dans le premier milieu où la vie leur a été possible, c'est-à-dire dans l'eau, les membres ont rempli le rôle de nageoires et n'ont pu en avoir d'autre. Différenciées par simplification de la nageoire primitive, les palettes des ichtyosaures devaient être à peu près impropres à tout autre usage qu'à la natation. Un mouvement simple, dans un seul plan, était sans doute leur unique apanage physiologique.

Pour ce mouvement, l'orientation directement externe de la cavité par laquelle le fémur s'articule avec la ceinture pelvienne, l'orientation directement interne de la surface articulaire proximale du fémur sont les plus simples et les meilleures. Une inclinaison de la surface articulaire dans un sens ou dans un autre, une coudure

de l'os n'ont ici aucun avantage. Si la forme primitive a disparu, si des modifications se sont montrées, c'est que d'autres efforts ont été essayés, d'autres fonctions exigées des membres.

Dès que les animaux ont quitté la mer pour la terre ferme, il leur a fallu modifier leur mode de locomotion. Les membres, restés étendus de part et d'autre de l'axe du corps, se sont infléchis en forme de Z et transformés en leviers plus compliqués (Gegenbaur). Le premier segment et le dernier sont d'abord restés horizontaux et transversaux, mais le deuxième, jambe ou avant-bras, est devenu vertical. Cette inflexion a pour but de soulever le corps au-dessus du sol sur lequel il reposait par sa face ventrale. Dans l'eau, le poids du corps était annulé par le poids de l'eau déplacée, l'action de la pesanteur était supprimée; dans l'air, sur le sol, elle retrouve toute sa puissance. Alors le poids du corps porte de haut en bas sur ce fémur, et la lèvre supérieure de la cavité devient plus saillante parce qu'elle a eu plus de pesées à subir. Pour la même cause, la surface articulaire proximale du fémur s'est inclinée en haut, afin de mieux résister à ces poussées. La surface distale s'incline en bas et reste perpendiculaire à l'axe de la jambe. La flexion de cette jambe et la transmission du poids du corps à la colonne verticale qu'elle forme sont les causes du déplacement de la surface articulaire inférieure.

Ce remplacement du fémur initial, cylindrique, par un fémur en forme d'humérus a donc des causes très simples. Ce sont les pesées exercées de haut en bas, par le corps, sur l'extrémité interne de la cuisse horizontale, c'est la transmission de ces pesées, de haut en bas, par l'extrémité externe du fémur, au tibia et au péroné redressés et verticaux qui l'ont évidemment produite. Il en est de même pour l'humérus. Les membres ainsi modifiés ne sont plus des nageoires, mais, il faut le reconnaître, ils sont séparés de ces rames par une différenciation minima. Aussi ces membres sont-ils aptes à la fois à la marche sur le sol et à la natation; par contre ils sont moins bien disposés pour la course et pour le saut.

Puisque ce fémur semblable à l'humérus est en général inférieur au fémur des oiseaux, pourquoi n'a-t-il pas disparu de toutes les espèces animales actuelles? Les raisons sont de deux ordres. Certaines l'ont conservé comme elles ont gardé leurs autres caractères inférieurs, par transmission héréditaire. A d'autres, tels les chéloniens, tels surtout les cheiroptères, le fémur en forme

d'humérus convient seul, pour des raisons d'adaptation fonctionnelle toute particulière.

Tout d'abord, les reptiles l'ont gardé par hérédité ancestrale; leur fémur ne s'est pas modifié parce que le corps, dans son entier, s'est peu écarté du type pisciforme. Les crocodiles, les lézards ont une conformation voisine de celle des animaux marins primitifs. Leur fémur ne pouvait se modifier plus que les autres parties ou plus que l'ensemble du squelette. Les reptiles grimpeurs, comme le caméléon, ont pu garder et la forme et l'orientation primitives du fémur parce qu'elles s'adaptent parfaitement à la façon dont ils grimpent le long des branches. Leurs pattes ont les doigts divisés en deux groupes opposés, et forment des sortes de pinces ou de crampons dont l'orientation ne peut être meilleure.

Chez les batraciens, les membres postérieurs remplissent surtout la fonction de rames, du moins chez certains anoures; mais nous les voyons aussi servir pour marcher, grimper, sauter. Leur fémur présente cette particularité que la surface articulaire supérieure est peu inclinée, la différenciation n'est pas très marquée, quoiqu'elle ne soit pas douteuse néanmoins. Cette différenciation est également minime à l'humérus. Si les fémurs ont encore la forme d'humérus bien que leur genou soit fortement tourné en avant, c'est parce que le membre entier a subi un notable mouvement de rotation en dedans autour de l'axe mécanique du fémur : la jambe se dirige en bas et en dehors, l'axe du genou est oblique en bas et en dedans. La face primitivement supérieure du fémur regarde en haut et en dedans. La tête est inclinée dans le même sens, c'est-à-dire perpendiculairement à la cavité que lui offre le bassin, laquelle est oblique en bas et en dehors.

Les monotrèmes se sont à peine différenciés des reptiles à certains points de vue. Ce sont de véritables ovipares pourvus de mamelles. Dans leur squelette, ils ont conservé un grand nombre des caractères des sauriens (fig. 13 et 14). L'analogie se remarque déjà sur l'animal vivant (ornithorynque), mais elle est frappante sur le squelette isolé des parties molles. Leur transformation de sauriens en mammifères s'est arrêtée à ses toutes premières phases. Voilà, sans doute, pourquoi leur fémur a cette forme.

Pour bien comprendre la conservation des caractères morphologiques anciens malgré les changements qui peuvent se produire dans la disposition réciproque des pièces squelettiques, nous

sommes obligé d'étudier les variations de position que subissent les membres par rapport aux plans qui déterminent la situation du corps. Ce sont là de simples changements géométriques éprouvés par les os soit en tournant sur eux-mêmes autour de leur axe longitudinal, comme des treuils, soit en tournant autour d'une de leurs extrémités comme le rayon d'une roue. Il sera facile de voir que ces changements peuvent bouleverser totalement la physiologie

Fig. 13. — Échidné.

Fig. 14. — Crocodilien.

d'un membre. Chez les animaux précédents, reptiles et monotrèmes, l'aspect morphologique est resté constamment le même et l'orientation varie seulement par une plus ou moins grande inclinaison du genou en avant. La conservation des formes s'explique facilement par l'absence de changement dans l'orientation.

Même sans y regarder de très près, il est évident cependant que les membres antérieurs et postérieurs des reptiles commencent leur différenciation. L'humérus tend à se diriger d'avant en arrière, le fémur d'arrière en avant, et cette inclinaison, parfois minime ou nulle, est, d'autres fois, très nette.

Mais ce qui trouble surtout la similitude du membre de devant

et du membre de derrière c'est, dans l'avant-bras de l'antérieur, une rotation d'un quart de cercle. Elle oriente les doigts d'arrière en avant, tandis que, par absence de rotation dans la jambe, la patte postérieure a gardé une direction transversale, comme dans la nageoire primitive (fig. 13 et 14). L'axe des mouvements du coude, malgré ce déplacement périaxial du radius autour du cubitus, a gardé la même direction qu'autrefois; il est resté perpendiculaire à l'axe de l'extrémité supérieure. La rotation du radius et du cubitus autour de l'axe de l'avant-bras n'a eu d'autre but ni d'autre résultat que de donner à l'articulation du poignet et aux doigts une direction plus favorable pour la marche. Elle n'a pas changé la direction de la charnière du coude.

Si nous examinons seulement l'humérus et le fémur dans leurs rapports avec les ceintures scapulaire et pelvienne, après suppression de l'avant-bras et de la main au membre antérieur, de la jambe et du pied au membre postérieur, nous les trouvons à peu près semblablement dirigés, parallèles au plan ventral, perpendiculaires au plan sagittal. L'axe de l'extrémité proximale est dans un plan vertical; l'axe de l'extrémité distale est horizontal. Leurs mouvements, dans la marche, se font parallèlement au sol; on peut les comparer à ceux d'un rayon de roue horizontale. Ils décrivent des arcs de cercle alternativement autour de l'extrémité proximale quand le membre se porte en avant, et de l'extrémité distale quand c'est le tronc qui se déplace. Ces mouvements sont les mêmes pour le fémur et pour l'humérus. Il est donc aussi impossible de les différencier par leur physiologie que de les distinguer l'un de l'autre par leur conformation géométrique, par l'orientation réciproque de leurs axes.

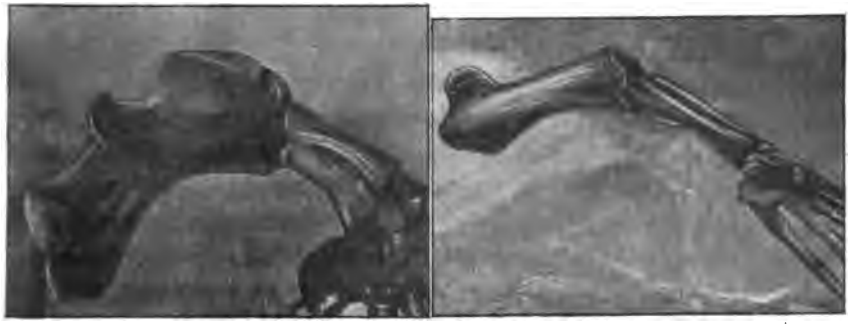
En résumé, sauf la rotation du radius et du cubitus autour de l'axe de l'avant-bras, rotation égale à un angle droit, les mouvements du membre antérieur sont restés semblables à ceux du membre postérieur. Sauf la flexion du deuxième segment sur le premier, et du troisième sur le second, ces membres postérieurs sont restés fort analogues aux nageoires; il n'est donc pas étonnant que l'humérus et le fémur aient gardé leur morphologie première, en rapport avec la forme antique du squelette, et soient restés semblables entre eux.

Chez d'autres espèces, l'humérus et le fémur ont encore cette similitude de conformation cet « isomorphisme » bien que les

membres soient profondément modifiés. Dans ces cas, les changements proviennent de modifications dans l'orientation de ces fémurs et de ces humérus par rapport aux ceintures osseuses qui les portent, ou de rotations des pièces squelettiques sous-jacentes, rotations qui se font alors dans le genou ou le cou-de-pied.

Chez les chéloniens et chez les chéiroptères, quoique l'humérus et le fémur aient gardé la forme de l'humérus, l'orientation initiale des membres est modifiée. Le rapprochement entre ces deux genres si éloignés peut sembler étrange, il n'est pourtant pas absolument injustifié.

On a prétendu que, parmi les chéloniens, les tortues terrestres



MEMBRE ANTÉRIEUR MEMBRE POSTÉRIEUR

Fig. 15. — Le membre antérieur et le membre postérieur de la tortue luth (tortue marine) sont semblables, quant à la tropométrie, aux mêmes membres des autres tortues et de tous les reptiles.

(Durand de Gros, Pouchet et Beauregard) avaient l'humérus considérablement tordu (90°). Cette opinion n'a pas pour base des mensurations tropométriques, soit visuelles, soit instrumentales, si nous en jugeons par les écrits où nous la trouvons exposée. Elle s'appuie sur une simple apparence et est erronée.

Nous avons examiné à ce point de vue les divers squelettes appartenant au musée de zoologie de la Faculté de Rennes et ceux du Muséum de Paris. Notre conclusion est qu'aucun humérus de chélonien n'est tordu (fig. 8 et 15). Les formes sont plus ou moins contournées, tourmentées, mais dans tous l'axe de l'extrémité inférieure est perpendiculaire à celui de l'extrémité supérieure; l'angle tropométrique est voisin de 90°. Cette conformation est semblable à celle des humérus de tous les quadrupèdes et à celle des fémurs de ces mêmes chéloniens.

La grosse tubérosité de l'humérus est toujours située à l'opposé de la tête articulaire. Elle est tournée en bas chez tous les reptiles, parce que la tête est orientée en haut. Elle est externé chez les chéloniens, les cheiroptères et les oiseaux, parce que la tête regarde en dedans. Cette situation nouvelle s'est effectuée par une rotation de 90° de l'humérus parallèlement à son axe. Chez tous ces derniers animaux, le but recherché et obtenu est de mettre les divers segments du membre dans un plan parallèle au plan frontal.

Le coude des chéloniens est toujours dirigé en avant. Cette disposition leur est spéciale. Elle est sans doute en rapport avec le développement de la carapace, et destinée à permettre à l'avant-bras de plonger vers le sol au delà des bords du plastron.

L'avant-bras aussi, chez toutes ces tortues, a tourné d'un quart de cercle autour de son axe longitudinal, comme chez les sauriens examinés plus haut. En général, cette rotation se reconnaît facilement, car l'axe de l'extrémité inférieure de l'humérus, qu'on l'envisage au point de vue anatomique ou au point de vue physiologique, a conservé sa direction primitive. Le plan déterminé par les deux os de l'avant-bras, au lieu de lui être parallèle comme primitivement, lui est devenu perpendiculaire, mais c'est par rotation de ces os.

Cette disposition existe chez la tortue luth comme chez les précédentes, mais l'axe de l'extrémité inférieure de l'humérus s'est ici tellement raccourci qu'on serait tenté de lui donner une direction perpendiculaire à celle qu'il a réellement. Heureusement, les mouvements des os de l'avant-bras nous fixent sur la direction véritable de cet axe.

Il résulte de cet aplatissement une modification très remarquable de la forme de l'humérus, sans torsion. La rotation, la torsion du membre, par conséquent, se sont faites dans l'articulation du coude. Cette rotation n'est pas un phénomène spécial à ces animaux, puisque nous la trouvons dans beaucoup d'autres espèces, puisque nous la voyons identique, avec le même trompe-l'œil, dans le coude de certains cétacés. Ce n'est pas davantage un phénomène particulier à cette jointure; nous en avons vu un semblable dans l'épaule de ces mêmes tortues; nous en reverrons d'identiques dans la hanche des cheiroptères et dans le genou de certains pinnipèdes. Pourquoi cette rotation de l'avant-bras existe-t-elle chez certains animaux marins et fait-elle défaut chez d'autres, proches voisins des premiers? Parmi les divers cétacés du Muséum de Paris il en est qui

PHOCŒNA

PONTOPORIA

Fig. 16.

OTARIE

Fig. 17.

Les membres antérieurs du phocœna et du pontoporia sont dépourvus de toute rotation dans l'avant-bras. Le membre antérieur de l'otarie a subi une rotation de 90° dans le coude.

ont l'extrémité inférieure de l'humérus aplatie de haut en bas, la tête humérale surplombe alors la face supérieure. Chez d'autres, l'extrémité inférieure est aplatie de dehors en dedans, la tête surplombe le bord supérieur. Chez les premières, la nageoire se place à plat, chez les secondes, elle est placée de champ. Il semble donc, en comparant ces deux nageoires à celle de l'ichtyosaure, que, dans la deuxième, l'humérus s'est tordu de 90°. Cette torsion humérale n'est qu'apparente, nous en arriverons à nous en rendre nettement compte en comparant ces nageoires à celles des types voisins.

Les globicéphale, mégaptère, beluga orque, orque épaulard, oulodon, inia, dauphin (du Muséum) ont la nageoire à faces horizontales (fig. 16). Allongée le long du corps, elle a ses deux faces parallèles au plan ventral de l'animal. Leur membre est absolument comparable à celui des grands reptiles marins de l'époque jurassique. Il représente la nageoire initiale avec le minimum d'écartement du type primitif.

Les baleine australe, baleinoptère à museau pointu, rytine, berardius (du Muséum), possèdent des nageoires à faces approximativement verticales. Allongées le long du corps, ces nageoires ont des faces parallèles au plan sagittal (fig. 17). Puisque, chez beaucoup d'entre elles, le scapulum et la tête humérale sont orientés comme chez les précédentes, il y a évidemment une torsion quelque part, dans le membre. C'est vrai, mais au lieu d'affirmer tout de suite l'existence d'une torsion humérale, comparons cette nageoire au membre d'autres animaux plus ou moins éloignés : lamantin, phoque, lobodon, otarie, etc., et nous verrons très clairement que, si le membre est tordu, indiscutablement, cette torsion n'est pas faite dans l'humérus, mais dans le coude, par rotation, ce qui est bien plus simple et plus facile. Le cubitus a tourné autour de son axe, et son olécrâne, d'interne, est devenu supérieur (postérieur) ; le radius, d'externe, est devenu inférieur (antérieur), parce qu'il a décrit, autour du cubitus, un quart de cercle vers le côté où l'avant-bras se fléchit quand le mouvement de flexion existe dans les nageoires de ces animaux. Cette torsion par rotation intra-articulaire se fait donc par un même et unique mécanisme et dans le coude des cétacés et dans celui des crocodiliens, des oiseaux, etc. Les pinnipèdes, devenus animaux marins après avoir été probablement animaux terrestres, ont éprouvé le besoin de modifier l'orientation de la palette qui termine leur membre postérieur. Y sont-ils parvenus en

tordant leur fémur? Non, il est semblable à celui des quadrupèdes terrestres supérieurs, probablement descendus des mêmes ancêtres. Ont-ils tordu leur tibia ou leur péroné? pas davantage. L'articulation tibio-astragalienne est, par rapport au tibia et au péroné, disposée comme pour les animaux marcheurs. Où donc s'est faite cette torsion? On le remarque tout de suite: c'est dans l'articulation du genou. Chez l'otarie, le tibia et le péroné ont tourné d'un quart de cercle au-dessous du fémur, le péroné est devenu postérieur par rapport au tibia dans toute sa longueur. De cette façon, la nageoire qui, sans cela, aurait été disposée à plat, comme le pied

Fig. 18. — Membres postérieurs d'otarie. La jambe a tourné d'un quart de cercle, autour de son axe, dans le genou. Toute la patte a suivi ce mouvement et s'est ainsi transformée en une palette à faces verticales.

d'un homme à genoux, se trouve placée de champ (fig. 18). Dans d'autres espèces, le phoque par exemple, la rotation est encore plus grande; elle atteint un demi-cercle complet, le talon est en avant, le péroné en dedans du tibia. Ce qui s'est produit là est identiquement renouvelé dans le membre antérieur, le radius s'étant placé au-dessous (en avant) du cubitus (fig. 17). Isolée ou combinée à la rotation en treuil ou en rayon de roue (circumduction) dans l'épaule, cette rotation dans le coude provoque les diverses attitudes du membre antérieur.

La situation de l'apophyse olécrânienne en dedans du bord interne du cubitus des cétacés à nageoire horizontale, au-dessus du bord supérieur chez ceux qui ont la nageoire à faces verticales, ne prouve rien contre notre opinion. Le radius, dans son déplacement, a entraîné le cubitus et l'a fait tourner autour de son axe

longitudinal. L'olécrâne, par suite, aura dû se déplacer aussi. Les deux os ont tourné, et non le radius seul.

Les tortues imposent à leur humérus une rotation dans l'épaule qui peut atteindre un angle droit. Elle est destinée à ramener les divers segments du membre antérieur dans un plan parallèle au plastron et à permettre ainsi la rétraction de ce membre dans l'intérieur de la carapace. Avantageuse à ce point de vue, cette rotation se fait aussi au membre postérieur, dont les divers segments

HUMÉRUS FÉMUR

Fig. 19. — Humérus et fémur de chéiroptère semblablement placés. Remarquer leur similitude de forme.

deviennent horizontaux pour pouvoir se rétracter. Dans la marche, il se fait une rotation en sens inverse des humérus et des fémurs, et les pattes plongent vers le sol, en dehors des limites du plastron.

En somme, ces animaux possèdent la propriété de placer leurs quatre membres dans un plan parallèle au plan ventral du corps. Cette disposition se retrouve chez les oiseaux pour les membres antérieurs, chez les chéiroptères pour les deux paires de membres.

Chéiroptères. — Les membres des chéiroptères nous montrent, eux aussi, un curieux exemple d'adaptation à une fonction nouvelle, on pourrait dire imprévue, de membres primitivement destinés à un tout autre rôle. A notre point de vue, qui concerne seulement l'orientation de ces tiges squelettiques par rapport au reste du

corps, nous devons tout d'abord remarquer que, par suite de l'allongement de la clavicule, la cavité articulaire offerte par l'omoplate à l'humérus regarde directement en dehors comme chez les oiseaux (fig. 21). Par suite, comme chez ceux-ci, la tête humérale est tournée en dedans, le pli du coude est tourné en dehors. Le carpe n'a pas de flexion proprement dite; ce mouvement, comme chez les oiseaux encore, est remplacé par l'adduction. Il maintient ainsi les doigts dans le plan du bras et de l'avant-bras. Les mouvements destinés à étendre ou à ramasser l'aile s'exécutent comme ceux d'un éventail ou mieux comme ceux d'un mètre de menuisier, dans un seul plan (fig. 22).

Mais, contrairement à ce qui a lieu chez les oiseaux, la membrane de la chauve-souris s'étend jusqu'aux membres postérieurs et

Fig. 20. Fig. 21.

Les membres de l'oiseau sont dans deux plans différents. Les antérieurs, organes du vol quand ils sont étendus, sont parallèles au plan ventral. Les postérieurs, organes de marche ou de natation, sont parallèles au plan médian.
Les quadrupèdes supérieurs, ont les quatre membres adaptés à la marche et placés dans un même plan, parallèle au plan médian.

adhère à toute leur longueur. Les oiseaux, infiniment mieux doués sous ce rapport, sont pourvus simultanément d'appareils de vol parfaits et d'autres appareils également très perfectionnés, destinés à la marche, totalement indépendants des précédents; les membres antérieurs et les membres postérieurs sont disposés suivant deux plans perpendiculaires (fig. 21). Les chéiroptères sont absolument incapables de marcher. Leurs deux paires de membres sont dans un même plan, parallèle au plan frontal. L'examen de leurs membres postérieurs nous fournit deux remarques (fig. 22). 1° Leur fémur ayant conservé la forme d'un humérus, la fonction du vol,

avec la spécialisation des membres antérieurs et postérieurs de ces animaux, doit remonter très loin dans l'échelle des âges. 2° La rotation d'un angle droit autour de son axe longitudinal subie par le fémur est un exemple d'adaptation des membres postérieurs

Fig. 22. — Demi-squelette de chauve-souris. Les quatre membres sont dans un plan frontal, parce que tous servent à une même fonction, le vol.

pour le vol. Cette rotation place les diverses pièces et les fait mouvoir dans le même plan que les membres antérieurs. Ils contribuent ainsi à étendre ou à reployer la membrane suivant qu'ils s'étendent ou se fléchissent.

La tête du fémur de la chauve-souris regarde en dedans. Elle est un peu allongée parallèlement à l'axe anatomique de la diaphyse. La hanche devient une articulation légèrement condylienne et n'est plus une énarthrose pure. Ses mouvements, en majeure partie, sont

parallèles au plan ventral. Fléchi, le fémur applique son extrémité inférieure contre le tronc, la diaphyse est parallèle à la colonne vertébrale; dans l'extension de la cuisse, elle devient perpendiculaire au plan médian du corps. La rotation du fémur a donné une direction verticale à la charnière du genou; par suite, le tibia se meut également dans un plan parallèle au plan ventral. Le tibia, le tarse lui-même paraissent tordus pour ramener la patte dans le même plan. Cette patte crochue, souvent dépourvue de talon, est donc un simple crampon, par lequel la bête au repos se suspend. Elle est impropre à la marche.

Les chéiroptères présentent ainsi une rotation totale de tout le membre postérieur, semblable à celle que nous offrent les chéloniens. Accomplie dans la hanche, elle incline l'axe anatomique de l'épiphyse supérieure de 90° sur l'axe physiologique, alors que ces deux axes étaient primitivement confondus. L'axe du col est horizontal, l'axe autour duquel la tête tourne est vertical. La différence entre ce qui s'est produit ici et les phénomènes analogues dont l'épaule est le siège, c'est que, à l'épaule, l'omoplate elle-même s'est déplacée, tournant sa cavité glénoïde en dehors pour ces chéiroptères comme pour les oiseaux. Au membre postérieur, la ceinture pelvienne étant fixe quoique souvent incomplète, le fémur est obligé de modifier les rapports qu'il affectait avec elle; il tourne seul. Ces rotations sont très analogues à celles déjà observées dans le coude de la plupart des animaux et dans le genou des pinnipèdes (fig. 19).

Voilà exposées les raisons pour lesquelles les animaux ont modifié les dispositions primitives de leurs membres, afin de les utiliser pour des fonctions différentes tout en conservant les formes ancestrales. La question à résoudre en second lieu est la suivante : pourquoi, du fémur en forme d'humérus un autre fémur, différent du premier, est-il dérivé? Par quel mécanisme la transformation s'est-elle faite?

B. — Causes des transformations.

Les changements que subissent les membres s'expliquent d'ordinaire par une adaptation de moins en moins imparfaite à une fonction déterminée, la marche sur un sol ferme, le vol, la natation, etc. Nous trouvons dans cette même raison l'explication du changement de direction de l'humérus et du fémur qui, primitivement horizontaux et perpendiculaires au plan sagittal, deviennent, chez les oiseaux

et les mammifères supérieurs, parallèles à ce plan et plus ou moins voisins de la verticale. Il est bien certain qu'en ramenant leurs membres sous leur tronc, au lieu de les étendre à droite et à gauche, les animaux terrestres se sont perfectionnés, et qu'en se soulevant de terre plus complètement ils ont rendu leur marche plus facile.

Mais si nous examinons de plus près le membre de devant d'un quadrupède et si nous le comparons à celui de derrière, nous verrons, comme l'ont vu tous les zoologistes, que le coude tourne sa flexion en avant, tandis que le genou la dirige en arrière (fig. 20). Pourquoi cette différence et comment se produit-elle? Une adaptation à une fonction unique, la marche, a orienté dans une même direction la patte de derrière et celle de devant qui ont l'une et l'autre le talon en arrière et les ongles en avant; elle a rapproché de la verticale les colonnes qui forment les membres; elle a remplacé les mouvements horizontaux du fémur et de l'humérus, mouvements semblables à ceux de la nageoire primitive, par des mouvements plus avantageux, analogues à ceux d'un pendule, c'est-à-dire qui se font dans un plan vertical. Tout cela a son utilité, aussi bien que l'élévation de plus en plus grande du corps par redressement et allongement des membres, qui donne plus de facilité pour franchir les obstacles. Mais pourquoi se fait donc cette orientation inverse du coude et du genou? Nous avons dit ailleurs qu'elle ne peut s'expliquer par une adaptation à la marche. Elle est pourtant trop importante et trop constante pour ne pas avoir sa raison d'être dans un phénomène à la fois simple et primordial.

Les transformations des êtres vivants, dans la série animale, sont commandées assurément par la défense de l'organisme et sa conservation, ainsi que par son adaptation optima aux conditions ambiantes. Dans les métamorphoses que l'animal subit, parfois la volonté ne joue aucun rôle; l'acclimatement, la sélection seuls entrent en jeu; d'autres fois l'action des muscles, c'est-à-dire la volonté, est la génératrice de ces transformations. Mais volontaires ou involontaires, ces adaptations qui se font après la naissance ne sont pas les seules, car elles n'expliquent pas comment, partant des membres de même forme et semblablement orientés, de l'ichtyosaure, en passant par le crocodile, nous arrivons, malgré l'appropriation à une fonction unique qui est la marche, à une orientation inverse du coude et du genou.

Voici l'explication que nous en donnons. La vie de tous les

vertébrés se compose de deux grandes périodes, l'une précède leur naissance et l'autre la suit. Toutes deux ont leur importance pour conserver l'individu et perpétuer l'espèce. La résistance des petits et leur viabilité sont, en général, proportionnelles à leur volume et à leur poids. Or, quelles sont, toutes choses égales d'ailleurs, les influences qui permettent au fœtus ou à l'embryon d'acquérir le maximum de volume, c'est-à-dire de résistance, pour le moment de sa naissance? Elles se résument très simplement. Les petits se développent, *in utero*, dans une cavité dont le volume est à peine modifiable dans les limites restreintes, chez les animaux supérieurs. Chez les ovipares, la cavité ménagée à l'être futur est parcimonieusement mesurée et la coque calcaire donne à l'œuf une forme invariable. Celui qui y acquerra le développement le plus avancé atteindra en même temps le maximum de résistance et de robustesse. Celui-là aura su arrimer dans sa coquille étroite le corps le plus gros et les membres les plus grands. Pour y parvenir, le jeune être se met en boule, rapproche sa forme de celle d'un sphéroïde et, supprimant la saillie de ses appendices, dirige l'humérus en arrière, le fémur en avant. Or, l'orientation du pli du coude est le corollaire obligatoire de cette direction de l'humérus, de même que la disposition inverse du genou est la conséquence forcée de la direction inverse du fémur, le coude et le genou ayant primitivement leur face d'extension tournée en dehors. C'est à la phase intra-utérine de la vie qu'appartient l'orientation en sens contraire de l'humérus et du fémur.

L'orientation inverse du membre antérieur et du membre postérieur n'est pas produite par l'adaptation à la marche. Nous la trouvons, chez le crocodile, à l'état transitoire, sous la seule inflence de l'adaptation à la cavité de l'œuf. Elle deviendra définitive chez les animaux plus élevés. Lorsqu'elle aura été corrigée par la torsion de l'avant-bras, elle constituera une disposition utile en soi puisqu'elle ramènera les humérus et les fémurs, primitivement transversaux, dans deux plans parallèles au plan médian du corps. Son établissement définitif se fera assez rapidement chez les mammifères, mais pas dès le début cependant, car nous la voyons faire défaut chez les monotrèmes.

Comment se fait-il que, chez certaines tortues, qui doivent évidemment être soumises aux mêmes lois que les autres animaux, le coude dirige sa face d'extension en avant? (fig. 23). Observons que

ces animaux, même imparfaitement développés, peuvent résister admirablement, pour deux raisons spéciales dont la première est leur extraordinaire vitalité, et l'autre la protection que leur procure leur carapace. Remarquons aussi que la forme de cette carapace

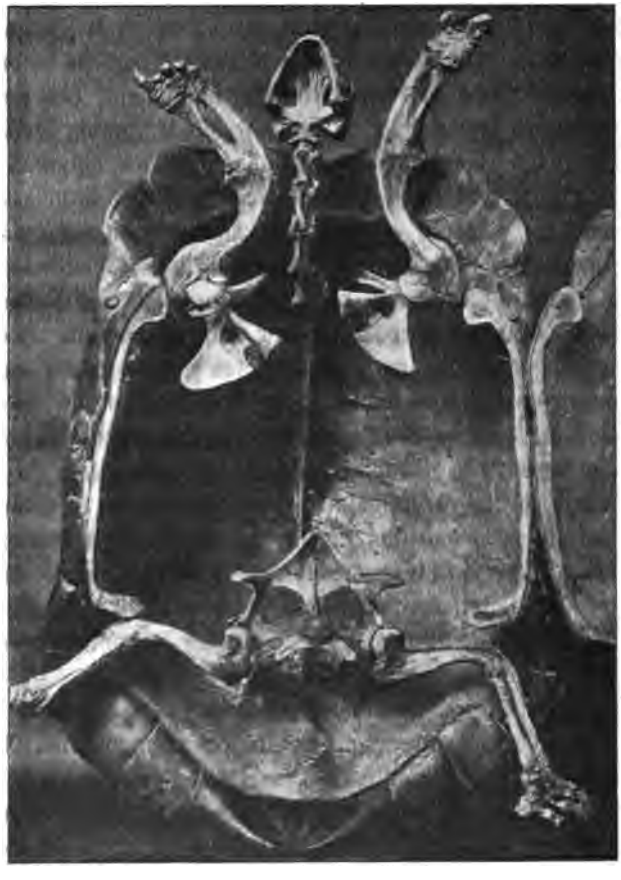


Fig. 23. — Les chéloniens placent leurs quatre membres dans un même plan, parallèle au plan ventral. C'est pour pouvoir plus facilement les rétracter dans la carapace. Comme chez les sauriens et les batraciens, les membres antérieurs diffèrent des membres postérieurs seulement par une rotation périaxiale de 90° dans l'avant-bras.

impose aux membres des attitudes et des mouvements très spéciaux.

Le changement dans la direction de l'humérus et du fémur qui place ces deux os dans un plan vertical, parallèle au plan sagittal, et non plus dans un plan frontal et horizontal, s'accompagne de modifications profondes dans l'union des ceintures scapulaire et

pelvienne avec l'appendice correspondant. La ceinture pelvienne reste fixe dans sa situation, et la cavité cotyloïde ou son équivalent continue à regarder en dehors. Le changement se fait donc par déplacement de la tête du fémur qui, de terminale, est devenue latérale dans un premier temps, et de sus-rotulienne est devenue sus-condylienne interne dans une deuxième transformation phylogénique. L'os iliaque et le fémur sont déjà nettement dessinés avant que la cavité articulaire commence à se cliver. La fente articulaire se montrera toujours au point de contact de l'os iliaque et du fémur. Si donc celui-ci est couché le long du tronc, sa face interne touchant la face externe de l'os iliaque, c'est sur sa face interne que la surface articulaire se développera. D'où la situation sus-condylienne de la tête fémorale. Le déplacement de la tête du fémur est ainsi la conséquence de l'adaptation de l'embryon à son milieu, à la cavité de l'œuf, et sa cause immédiate est le changement de direction du fémur. Ainsi, c'est dans une meilleure accommodation aux conditions du développement dans l'œuf ou dans l'utérus, puis dans une meilleure adaptation à la marche, avec ses variantes, la course et le saut, que nous trouvons l'explication de la deuxième transformation du fémur, de celle qui lui donne sa forme spéciale.

Si certains animaux, tels les pinnipèdes, ont pu revenir à la vie aquatique, ils n'ont pas pour cela changé la forme de ce fémur. Seule la partie sous-jacente du membre postérieur a éprouvé une rotation de 90° (otarie) ou de 180° (phoque). Cette rotation s'est exécutée dans le genou. Le péroné, d'externe, est devenu postérieur chez l'otarie, et la palette, d'horizontale, est devenue verticale.

Comment la chauve-souris, si élevée à tant de points de vue, a-t-elle pu garder un fémur en forme d'humérus, malgré l'adaptation à la vie intra-utérine qu'elle a dû subir comme les autres mammifères supérieurs? Chez cet animal, la rotation subie par le fémur autour de son axe longitudinal, et la direction horizontale de l'os sont excellentes pour cette adaption. Dans une adduction maxima le fémur vient s'appliquer contre les parties latérales du corps, sans aucune difficulté. Il est ainsi complètement effacé, mieux encore que par la flexion. Cette position est aussi la meilleure pour le clivage des surfaces articulaires. A sa rotation de 90° le fémur doit donc d'avoir pris une direction excellente pour se loger dans la cavité utérine en conservant son type primitif. A cette même rotation est due sa disposition optima pour le vol.

Les tortues ont des membres très développés, mais elles possèdent, grâce à la disposition particulière de ces membres, la faculté de les rétracter jusque dans l'intérieur de leur carapace. Il suffit, pour ne troubler en rien le développement dans l'œuf, que ces membres se replient ainsi.

C. — Causes des formes intermédiaires.

Mais si le fémur transformé résulte de cette double adaption aux exigences des deux phases, intra-utérine et extra-utérine de la vie, à quoi tiennent donc les intermédiaires nombreux et variés, les transformations incomplètes qu'on trouve chez tant de mammifères. Cette question se divise en deux parties, l'une ontogénique, l'autre anatomique. Avant d'y répondre, observons tout d'abord que ces fémurs, en apparence imparfaits, fonctionnent comme des fémurs complètement transformés. Au point de vue physiologique, les animaux qui en sont pourvus, les proboscidiens, par exemple, sont à peu près aussi bien doués que ceux dont la tête fémorale est exactement au-dessus du condyle interne. Il n'y a donc pas, dans cette transformation incomplète, une imperfection ni surtout un défaut à proprement parler.

Nous ignorons la raison ontogénique de cette évolution spéciale. Nous savons seulement que certains caractères se conservent par l'action aussi obscure qu'indiscutable de l'hérédité. Nous savons que lentement, mais progressivement et sûrement, ces caractères disparaissent peu à peu, soit par écartement non motivé du type primitif, soit par sélection, par meilleure adaption au milieu ambiant. Dans bien des cas, les raisons de la différenciation restent pour nous absolument insoupçonnées et inexplicables.

Au contraire, le pourquoi anatomique de ces transformations incomplètes est simple. Le clivage de la cavité cotyloïde se fait suivant un plan variable, mais toujours théoriquement tangent à la portion d'os sur laquelle cette cavité s'édifiera. La direction de son plan d'ouverture est parfaitement précisée par trois indications. Elle regarde en dehors, ou bien en dehors et en bas, ou enfin en dehors, en bas et en arrière. L'obliquité en bas a toujours pour but de mieux supporter les pesées du corps. Elle est très répandue. L'obliquité en arrière permet, sans doute, à la cavité de mieux résister aux poussées d'arrière en avant dont elle est l'objet dans

la marche et la course. C'est à l'une ou l'autre de ces deux inclinaisons qu'est due l'obliquité de l'axe épiphysaire supérieur du fémur par rapport au plan de l'axe inférieur. Voici comment. Les fémurs des animaux, sans être jamais absolument verticaux comme celui de l'homme, sont parfois très voisins de la verticale (éléphant, ours, etc.). D'autres sont presque horizontaux (lapins, kanguroo). La direction de beaucoup la plus fréquente est oblique en bas et en avant. Pour plus de simplicité, supposons les fémurs horizontaux ou verticaux.

Fig. 24. — Hanche de phacochère. L'obliquité de l'axe épiphysaire supérieur a sa cause dans la recherche d'une orientation optima à l'égard du cotyle.

Si le fémur est horizontal et si le cotyle regarde directement en dehors, l'axe du col devra être directement dirigé de dehors en dedans (fémur parfait). Si le cotyle regarde en bas en même temps qu'en dehors, l'axe de l'extrémité supérieure, pour être bien orienté par rapport à cette cavité, restera incliné en haut et en dedans, et d'autant plus que le cotyle sera lui-même plus fortement incliné en bas (fig. 24). Lorsque le fémur est voisin de la verticale, toute obliquité de la cavité cotyloïde en arrière provoquera une obliquité en avant de l'axe épiphysaire supérieur. Ces deux obliquités seront forcément égales, sous peine de voir se produire une anomalie, de voir manquer la bonne orientation réciproque des surfaces articulaires.

Donc, c'est dans l'inclinaison en bas ou dans l'inclinaison en arrière de la cavité cotyloïde qu'il faut chercher les causes anatomiques de l'incomplète transformation du fémur chez la plupart des mammifères. Le col se développe perpendiculairement au plan du cotyle parce que telle est la meilleure orientation réciproque, et, par suite, la meilleure adaptation fonctionnelle.

*
* *

Plus on examine les variations, les évolutions des espèces animales, plus on les voit tendre vers un double but, qui est, d'une part, l'adaptation anatomique et physiologique de plus en plus parfaite à une fonction première, qui est, d'autre part, la transformation lente, pénible, incomplète souvent, parfaite quelquefois, en vue d'une fonction nouvelle. Toujours, chez une ou plusieurs espèces, l'adaptation parfaite se trouve finalement réalisée.

Ces études aussi nous confirment dans l'opinion que la double adaptation à la vie intra-utérine et à la station debout crée pour l'homme un danger spécial, résultat de son élévation excessive au dessus des diverses espèces animales.

NOTES HISTOLOGIQUES

SUR LA STRUCTURE DE LA RÉGION INFUNDIBULAIRE DES POISSONS

Par Fr. A. GEMELLI.

(Planche II.)

Dans une précédente note[1] j'ai fait connaître quelques particularités de structure de l'infundibulum des poissons; j'estime qu'elles sont d'un grand intérêt en raison des questions générales qui se rattachent à cet organe. Comme il m'a été donné de mettre en plus grande lumière certains faits que j'ai décrits, je reviens sur le sujet pour mieux préciser les résultats obtenus.

On sait comment les recherches physiologiques de ces dernières années ont réclamé, par les intéressants résultats obtenus, l'attention des savants sur l'infundibulum et l'hypophyse. Considéré longtemps comme un organe rudimentaire négligeable au point de vue anatomique et embryologique, bien maigres étaient nos connaissances. Récemment, seulement, on a appliqué à son étude la moderne technique microscopique notablement améliorée; ainsi on a pu décrire des particularités structurales intéressantes. Toutefois, si le lobe glandulaire a été l'objet de nombreuses recherches, on a presque laissé de côté l'étude de l'infundibulum. En sorte que, si pour celui-là on a pu arriver à démontrer (au moins chez la majorité des auteurs) que l'on n'a pas à faire avec un organe rudimentaire, mais au contraire avec un organe fonctionnant activement et précisément d'une fonction antitoxique, en revanche on sait peu de chose sur la structure et la fonction de l'infundibulum.

1. Gemelli, Contributo allo studio della regione infundibolare, *Rivista di scienze fisiche e naturali*, ottobre 1905, Pavia.

Comme depuis quelques années, à l'occasion de certaines publications, je me suis occupé de cet organe je me suis dirigé suivant une voie complètement objective. Ce que j'ai acquis jusqu'à présent me donne sans idée préconçue une juste confiance en l'obtention de résultats d'une certaine valeur. Qu'on veuille bien observer ceci : avoir étudié presque exclusivement le lobe glandulaire et avoir négligé entièrement le lobe nerveux, a contribué certainement à la naissance d'erreurs, car on a attribué et étendu aux deux portions de l'organe les conclusions de recherches instituées sur le lobe glandulaire.

Avant mes recherches il n'existait que celles, assez faibles, de Ramon y Cajal, Berkley, Retzius, et tout à fait contradictoires. Il n'y a vraiment pas lieu de parler de celles de Kraüse, Henle, Schwable, Toldt, établies avec des méthodes notamment insuffisantes sur lesquelles s'est prononcé assez clairement Kölliker. D'ailleurs, pour la critique de toutes, je renvoie à mes précédentes publications où j'ai pu décrire une spéciale disposition et distribution des éléments nerveux, qui donnent à cet organe un caractère tout à fait spécial.

Ce n'est pas mon intention pour le moment de parler du récent travail de M. Rossi sur l'infundibulum, vu que le sujet qui y est étudié ne se lie pas étroitement à ce que je vais traiter. J'aurai occasion sous peu d'y revenir pour affirmer de nouveau et avec de nouveaux arguments ce que j'ai déjà démontré. D'autres recherches plus récentes de Rossi, dans le champ embryologique, ne font que confirmer les vues que j'ai exprimées, lesquelles, dans le champ anatomique, sont complètement confirmées par Gentès, Reighard, Pirrone, et en partie par Sterzi.

Il m'a semblé que des recherches établies sur des animaux inférieurs, avec les méthodes qui ont été employées par moi, devaient conduire à de bons résultats, et de fait l'attente n'a pas été vaine.

L'objet de la présente note est relatif aux recherches que j'ai faites sur des poisssons dont l'hypophyse a une spéciale signification ainsi que l'ont relevé d'autres observateurs : Bickford, Kupffer, van Beneden, Scott, Schipley, Stieda, Haller, Peter, Johnston, Sterzi, sans parler d'autres que j'omets pour abréger.

Je ne fais ici aucune allusion aux rapports et à la structure de diverses parties, car ce n'est d'aucun intérêt pour ce que je me propose de décrire et que de plus ce fut très bien exposé critiquement

par Sterzi tout récemment. Il suffit d'observer que dans ces dernières années Lundborg a étudié l'hypophyse chez quelques téléosseux et a noté la présence d'éléments nerveux que toutefois il ne put décrire avec une suffisante précision, ne s'étant pas servi de méthodes adaptées. Après lui Jonsthon observa que dans l'infundibulum de l'*Accipenser sturio* s'entre-croise un groupe de fibres talamo-tectales dont il n'a pu déterminer le décours ultérieur. Il faut aussi rappeler les recherches de Boeke sur le *Salmo sal.* et sur le *Salmo fario* et celle du même auteur sur l'*Amphioxus lanc.* Il a noté chez les embryons de téléosseux, à la partie postérieure de l'infundibulum, une formation qui s'établit dans les premiers stades de développement et reste sans changement jusqu'à un certain stade. Il a pu voir que dans la cavité de cette formation infundibulaire communiquant avec le troisième ventricule est un revêtement stratifié de cellules ciliées, cils qui portent à leur extrémité libre une vésiculette. Ces cellules montrent ainsi, suivant Boeke, que cette formation est un organe sensoriel. En fait, il les considère comme *Sinnenzellen*. Entre elles sont placées de petites cellules qu'il estime être des cellules de soutien. Également chez l'*Amphioxus lanc.* il a décrit une formation analogue qui a constamment, même chez les animaux adultes, des cellules ciliées. Avec la méthode du chlorure d'or d'Apáthy il a réussi à démontrer un reticulum fibrillaire dans ces cellules qui auraient également un caractère marqué de *Sinnenzellen*, de sorte que l'auteur tient cet organe comme le correspondant de la formation infundibulaire des embryons de téléosseux. La fonction néanmoins en serait obscure, peut-être serait-elle d'élever et abaisser la pression sanguine.

Récemment Bochenek rencontra des faits analogues chez les amphibies où il démontra que des parois de l'infundibulum part un faisceau de fibres nerveuses qui se terminent dans la glande infundibulaire (et cela analoguement à ce qui a été par moi démontré chez les mammifères). A la glande infundibulaire des hurodèles est annexée une partie exclusivement constituée de fibres nerveuses, en sorte que Bochenek aussi pense que l'organe infundibulaire des amphibies est un organe sensoriel, comme le soutient Boeke pour l'*Amphioxus*.

Je me suis servi, pour mes recherches, des exemplaires de *Petromyzon fluviatilis* et *Planerii*, *Accipenser huso*, *Salmo fario* et *Cyprinus carpio*, que j'ai pu avoir largement à ma disposition pour mes

recherches. Avant tout j'ai étudié l'infundibulum par les méthodes ordinaires de coloration. Je rapporterai d'abord les résultats obtenus par diverses méthodes pour le *Petromyzon*, me bornant à signaler les différences relevées pour les autres espèces.

J'ai commencé par fixer les animaux dans une solution saturée de sublimé, dans le liquide de Zenker, Flemming, Hermann, colorant avec hématoxyline, safranine et picrocarmin.

La région infundibulaire fut étudiée chez le *Petromyzon* par Rathke, puis J. Muller, à qui revient le mérite, ainsi que l'observe Sterzi, d'avoir donné le premier une suffisante description.

Comme l'a démontré Kupffer, la région infundibulaire de ces animaux est limitée antérieurement par la protubérance du chiasma optique, laquelle sortant de la base du diencéphale délimite l'*infundibulum* du *recessus opticus*; postérieurement par une autre éminence, le *tuberculum postérieur Kupfferii*.

L'infundibulum a une partie très mince qui grossit notablement dans la partie inférieure; vers le haut il est ouvert et communique avec le troisième ventricule. Il a trois diverticules pour lesquels nous pouvons accepter la nomenclature suivie par la majeure partie des auteurs et récemment employée par Kupffer et par Sterzi. Ce sont : le *sinus postopticus*, le *saccus infundibuli* et le *sinus superius infundibuli*. Le premier situé derrière la protubérance du chiasma a dans les sections transverses une forme triangulaire et présente à la paroi inférieure quelques plis sur l'un desquels, plus développé, a réclamé récemment l'attention Sterzi. Le *saccus infundibuli* a la forme d'une bourse de forme arrondie dans les coupes transverses, écrasée de haut en bas; il s'ouvre en haut dans l'infundibulum; il est délimité par une lamelle de tissu qui, grossie vers la base, s'amincit dans les parties latérales. Je n'ai pu dans son fond rencontrer les diverticules de Kupffer déjà attaqués par Sterzi. Il est séparé à demi du *sinus postopticus* par un pli transversal de la paroi inférieure et deux plis des parois latérales. Enfin le *sinus superius infundibuli* est un gros diverticule qui communique par une large ouverture avec la cavité infundibulaire; il a à peu près une forme elliptique avec un grand axe transversalement dirigé. Les parois latérales en sont lisses; l'inférieure, au contraire, présente un sillon médian bordé de deux soulèvements. Intimes sont les rapports du *sinus postopticus* et du *saccus infundibuli* avec l'hypophyse, spécialement du second, qui

est entouré du tissu hypophysaire et en est séparé seulement par une mince couche de tissu conjonctif. Je ne veux pas parler ici du lobe glandulaire et du *saccus vasculosus*, renvoyant la chose à une prochaine note [1].

Dans l'ensemble l'infundibulum a grossièrement l'aspect d'une poire très déformée; il est écrasé latéralement et droit de haut en bas, d'arrière en avant.

Excepté les plis dont nous avons donné un rapide aperçu et sur l'importance desquels ont dirigé leur attention Albhorn (27), Kupffer, Sterzi, la paroi infundibulaire est lisse; elle est constituée par une lame nerveuse formée d'un peu de substance blanche et d'une couche d'épendyme. Elle s'appuie sur un stratus fibreux que Sterzi interprète comme un représentant de la méninge primitive et de l'endocrâne. Étudiée avec les méthodes ordinaires, elle apparaît revêtue d'éléments cellulaires épendymaux, oblongs, tassés, à protoplasma finement granuleux avec un noyau gros, central, fourni de grosses granulations fortement chromophiles. Ces éléments cellulaires présentent vers la lumière infundibulaire un ourlet notablement réfringent qui, en quelques préparations, se montre constitué d'une série de cils; les éléments se terminent quasi en pointe, le protoplasma s'amincit graduellement, devient moins granuleux. De ces cellules les unes sont plus grosses, d'autres moins. Dans le fond des sillons telles cellules épendymales présentent avec plus d'évidence l'ourlet de cils. Comme il est facile de le comprendre, leur grandeur varie selon la largeur de la lamelle nerveuse, plus élevée au fond des trois diverticules, moins sur les parois latérales. Ces éléments cellulaires sont fortement tassés les uns contre les autres et occupent presque toute l'épaisseur de la paroi infundibulaire. Au-dessous s'étale une stratification de fibres nerveuses peu compacte et peu profonde. J'ai appliqué ensuite des méthodes histologiques plus fines, après une opportune fixation préalable, dans le but d'étudier les particularités de structure de ces éléments cellulaires.

Par la coloration à l'hématoxyline ferrique j'ai décelé de très fines particularités de détail. Ces éléments cellulaires présentent un gros noyau avec les caractéristiques de grosses granulations, semblables à celles obtenues dans d'autres organes par cette méthode,

1. Cf. Gemelli, *Anatomischer Anzeiger*, Iéna, 1906.

unies à des filaments enroulés plusieurs fois jusqu'à former un caractéristique grain dans les corps nucléaires. Dans le protoplasma cellulaire on a des granulations arrondies très petites, fortement réfringentes et qui sont plus nombreuses dans la zone périnucléaire, plus ou moins colorées. Plus intéressant est ce que présente l'ourlet qui a un petit toupet de cils très fins, dirigés vers la caité infundibulaire. Ces cils ne se limitent pas à la petite partie externe du bord cellulaire, mais pénètrent dans le corps cellulaire jusqu'à joindre quelques-uns des filaments très fins, presque au gros noyau. Une structure analogue a déjà été décrite pour d'autres organes chez d'autres espèces animales. Mais ce que je veux noter c'est l'étroite ressemblance entre ce que je rapporte ci-dessus et ce qui fut décrit par Studnicka et par Reighard pour les organes sensoriels et autres parties du cerveau, épiphyse, muqueuse olfactive, etc.

Je me suis servi, pour compléter l'étude, d'autres méthodes : celles de Michaelis, Galeotti, Benda (alizarine ferrique), la mixture Biondi, Heidenhain; mais les résultats furent certainement inférieurs. Je note seulement que quelques-unes des granulations protoplasmisques (peu) se colorent fortement par la fuchsine, l'alizarine; elles se colorent en rouge avec la mélange de Michaelis et de Biondi; d'autres, au contraire, les plus nombreuses, présentent une grande affinité pour le bleu de méthyle (plasmosomi verts de Galeotti) et se colorent en bleu rougeâtre par la mixture de Michaelis, de Mann, etc.

En insistant sur la réaction noire (spécialement avec la modification que Golgi appelle « rajeunissement des morceaux » obtenue avec des mélanges (variables à proportion des résultats) d'acétate de cuivre et de bichromate de potassium, j'ai obtenu des résultats de notable importance sur lesquels je réclame l'attention à cause de leur signification.

Avec cette méthode il est possibile de suivre, sur les coupes de la paroi céphalique-ventriculaire, à partir d'un petit groupe de cellules post-optiques, un faisceau de fibres qui pénètrent dans la paroi infundibulaire. Arrivées dans l'épaisseur de celle-ci quelques fibres poursuivent leur chemin, rasant la paroi extérieure où elles s'entrelacent formant une stratification peu épaisse qui s'étale à l'entour; d'autres fibres se perdent dans les premières couches de la paroi infundibulaire avec de caractéristiques terminaisons. D'autres, au contraire, traversent la paroi infundibulaire pour aller

s'anastomoser avec d'autres. Et, pour quelques-unes enfin (les moins nombreuses), il est possible de les suivre, tandis qu'elle traversent toute la paroi infundibulaire et remontent de l'autre côté. Caractéristique enfin est la manière dont se comporte la réaction noire sur les cellules ci-dessus décrites.

Celles-ci sont imprégnées, en nombre assez grand dans toutes les coupes, et, quand la réaction est complète, on peut voir sortir de la couche de fibres nerveuses sous-jacente des fibres qui courent un peu, perpendiculairement, et puis se continuent avec les cellules ci-dessus décrites. Le nombre des préparations, la fréquence du fait, la netteté que j'ai atteinte dans des préparations ne permettent aucun doute et excluent d'une manière absolue qu'il puisse s'agir d'images juxtaposées par divers plans.

Sur les coupes frontales il sera plus facile de suivre les faits ci-dessus décrits. De la paroi cérébrale descendent deux faisceaux de fibres : l'un provient d'un groupe de cellules placé derrière la protubérance du chiasma; l'autre est composé en petite partie d'un groupe de fibres qui se séparent du faisceau de fibres talamo-tectales (aussitôt après l'entre-croisement décrit pour la première fois par Edinger et ensuite par Johnston et Emery); et d'un gros groupe de cellules du *tuberculum posterius*. Parvenues dans la paroi infundibulaire, elles la parcourent perpendiculairement et s'y distribuent de la manière ci-dessus décrite. Il en résulte que l'infundibulum présente des fibres et des cellules disposées de la manière suivante.

Une couche de fibres parcourt la paroi le long de son bord externe, elle n'est pas très épaisse, mais très serrée, les fibres sont lisses, droites, très minces; il s'en détache quelques fibres qui s'enroulent perpendiculairement à la direction jusqu'alors suivie et se terminent par les cellules cylindriques dont il est question plus haut. D'autres fibres, plus nombreuses, se terminent au contraire en se divisant et s'anastomosant plusieurs fois dans les espaces intercellulaires, donnant d'ultérieures subdivisions qui deviennent toujours plus fines et portent quelquefois à leur extrémité distale des varicosités, des nodosités, etc., en un mot une vraie terminaison dans la couche des cellules cylindriques. Ces mêmes disposition et forme des éléments cellulaires et des fibres se note aussi dans l'*Accipenser* où les cellules cylindriques sont un peu plus grosses, la structure — par les méthodes ordinaires — plus évidente, les cils de l'ourlet cellulaire plus fins, plus évidents, plus

longs; en revanche, les granulations plus grosses, moins nombreuses; chez le *Salmo salar* et chez le *Cyprinus carp.*, il y a prépondérance de plasmosomes verts de Galeotti.

Pour conclure j'ai pu démontrer une structure caractéristique de l'organe infundibulaire qui peut ouvrir le champ aux hypothèses. Je suis loin de vouloir en faire, bien que les faits que j'ai pu relever chez d'autres vertébrés, et que je publierai avant peu, me mettent en une certaine mesure d'en faire.

Tout le monde sait ce qui a été écrit à ce sujet. Je rappellerai les faits décrits par Andriezen, par Julin, par Van Beneden, qui voulaient faire de l'hypophyse un organe placé à l'entrée du tube aquifère pour provoquer ou non l'afflux de liquide au système nerveux. A rappeler les travaux de Cyon dans le camp physiologique, de Haller dans le camp anatomique, de Collina dans le pathologique, qui amèneraient à faire de l'hypophyse un organe destiné à régler l'afflux sanguin de cerveau. Pour d'autres chercheurs, Gatta, Vassale et Sacchi, Mairet et Bosch, Pisenti, Livon, Valenti e Fichera l'hypophyse serait un organe sécrétant une substance nécessaire pour le trophisme de l'organisme, pour Caselli une substance nécessaire au renouvellement de l'organisme. Je noterai que des auteurs plus récents, Collina d'abord, Osborne et Vincent, puis Agostini, Pittaluga, Pirrone et en dernier lieu Guerrini Fichera e Torri veulent que l'hypophyse sécrète deux substances dont l'une n'aurait pas d'action directe dans l'organisme (Guerrini) et dont l'autre aurait une action antitoxique. Toutefois je ne veux pas parler des travaux récents de la pathologie ouvrant le champ aux études sur l'acromégalie et qui nous conduiraient à une discussion tout à fait prématurée.

Il est certain qu'en ces auteurs a prédominé le préconçu; ils n'ont pas tenu compte, comme je le disais au début, que l'organe hypophysaire est formé de deux parties, lobe nerveux et lobe glandulaire; ils ont été poussés à tirer des conclusions hâtives de ce que la trouvaille anatomique nous donne chez les mammifères (cellules de divers types).

Contre ceux-ci sont les travaux embryologiques de Wiedersheim, de Guerri, de Rossi et de Corning, dans l'embryologie; de Lomonaco et Van Rymberck, Gaglio, Friedmann et Maas dans la physiologie, lesquels nous conduiraient à la conclusion que l'hypophyse est un organe rudimentaire.

Je suis heureux que la réserve maintenue par moi, à l'occasion de telles conclusions dans mes précédentes publications, soit, pour ainsi dire, fortifiée par des résultats aussi contradictoires.

L'hypophyse chez les poissons offre une spéciale condition d'étude; le lobe nerveux est nettement séparé du lobe glandulaire, de manière à permettre l'étude de l'un sans l'autre. Me rapportant aux travaux ci-dessus cités de Boeke, Bockenek, Lundborg, il est certain que les faits décrits par moi présentent une notable ressemblance avec ceux décrits par eux. Peut-être l'infundibulum est chez les poissons un organe sensoriel. Je ne veux pas l'affirmer; j'en aurai le droit quand j'aurai publié sur ce sujet ce que je me prépare à éditer. Je me limite, décrivant la structure de l'infundibulum chez les poissons et notant la ressemblance avec les organes sensoriels, à affirmer la possibilité d'un tel fait. En dehors restent les notes morphologiques caractéristiques, sur l'importance desquelles je réclame l'attention des chercheurs.

Dongo (Lagodi Como), luglio 1905.

Bibliographie.

GEMELLI. — *Bollettino Società Medico-Chirurgica*, Pavia, 1900, avec une planche.
— *Bollettino Società Medico-Chirurgica*, Pavia, 1903, avec 4 planches.
— *Phys. Gesellsch.*, Berlin, 1903.
— *Rivista di Scienze fisiche e naturali*, 1903, Pavia, avec une planche.
— *Rivista di Scienze fisiche e naturali*, 1905, agosto, settembre e decembre, Pavia, avec 9 fig.
— *Rivista di Scienze fisiche e naturali*, 1905, ottobre, Pavia, avec une planche.
— *Accademia pontif. dei Lincei*, Roma, 1905, prochaine publication.
— *Archivio di Fisiologia*, Firènze, novembre, 1905.
CAJAL (RAMON Y). — *Anales de la Soc. espan. de historia natur.*, s. 3, t. VII, 1894.
BERKELEY. — *Brain*, 1894, t. XVII.
— *Anatomischer Anzeiger*, 1894.
— *Johns Hopkin's Hopital Reports*, N° 5, 1894.
RETZIUS. — *Biol. Unters.*, Band VI-VII, 1894-1895.
KRAUSE, HENLE, SCHWALBE, Told, v. Kölliker, *Handbuch*, etc.
KÖLLIKER. — *Handbuch der Gewebel. des Menschen*, B. II, H. 2, p. 603.
ROSSI. — *Monitore Zoologico*, 1903, giugno, Firènze.
— *Annali della Facoltà di Medicina della Università di Perugia*, 1904.
GENTÈS. — *Société de biologie*, 1900.
REIGHARD. — *Ann. scient.*, 1903.
PIRRONE. — *Archivio di Fisiologia*, novembre 1904, Firènze.
STERZI. — *Atti Academia Scientifica Veneto — Trentino — Istriana*, A. 1, N. 1, 1904.
— *Archivio di Anatomia ed Embriologia*, 1904, Firènze.
BICKFORD. — *Anatom. Anzeig.*, 1895.
KUPFFER. — *Sitzunsb. d. Gesell. f. morph. und phys.*, Munchen, B. VII.
— *Sitzunsb. d. k. Bayer Ak d. Wissensch.*, Munchen, 1894.

SCOTT. — *Morph. Jahrb.*, B. VII, 1882.
VAN BENEDEN. — *Bull. de l'Acad. Roy. de Belgique*, 1894.
SCHIPLEY. — *Quarterly Journal of micros. Science*, V. XXVII, p. 325, 1887.
STIEDA. — *Zeitsch. f. wissen. Zool.*, 1895.
HALLER. — *Morphol. Jahrbuch*, B. XXV, 1898.
PETER. — *Archiv f. mikr. Anat.*, B. 58, H. 4.
LUNDBORG. — Cf. Boeke. *Anat. Anzeig.*, 1903.
JOHNSTON. — *Zoolog. Anzeiger*, 1899.
— *Journal of comparative Neurology*, V. XII, 1902.
BOEKE. — *Anatom. Anzeig.*, B. XX, p. 17, 1902.
— *Berich. der Königlichen Akadem. der Wissensch.*, Amsterdam, avril 1902.
BOCHENEK. — *Bullet. de l'Académie des sciences*, Cracovie, 1899-1902.
ALBHORN. — *Zeitsch. f. wiss. Zool.*, B. XXXIX, 1889.
K. KUPFFER. — Handbuch d. vergl. und experim. Entw. der Wirbelt herausg. O. Hertwig, B. II, Abt. 3, Iena, 1903.
RATHKE. — *Bemerk. über der inner. Bau d. Petromyzon fl. L.*, Danzig, 1825.
MULLER. — *Jenaische Zeitsch. f. Med. und Naturwiss.*, B. VI.
KAENSCHE. — *Zool. Beiträge von Schneider*, B. II, 1890.
VOGT. — *Traité d'Anatomie comparée pratique*, t. II, Paris, 1894.
DOHRN. — *Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel*, B. IV.
STUDNICKA. — *Sitzunsb. d. k. Böhm. Gesells.*, 1898-1900, Prag.
GOLGI. — *Cinquantenaire de la Société de biologie*, 1899, Paris.
Pour la bibliographie de ces travaux, cf. mes publications et un nouveau travail dans *Atti dell' Accademia Pontificia dei Lincei*, Roma, 1906.

Explication de la planche.

Toutes ces figures ont été dessinées à la chambre claire de Abbe (Zeiss) et projetées sur la planchette à dessiner de Malassez (Mic. Koristka).

Fig 1. — Fragment de la paroi infundibulaire de *Petromyzon fluv.* (*Saccus infundibuli*), oc. 4. c. ob. 5.

Fig. 2. — Fragment de la paroi infundibulaire de *Accipenser huso*, oc. 4. c. ob. 4.

Fig. 3. — Fragment de la paroi infundibulaire de *Cyprinus carpio*, oc. 4. c. ob. 4.

Fig. 4. — Fragment de la paroi infundibulaire de *Petromyzon fluv.*, oc. 4. c. ob. 8*.

Fig. 5. — Fragment de la paroi infundibulaire de *Salmo far.*, oc. 4. c. ob. 8*.

Fig. 6. — Fragment de la paroi infundibulaire de *Cyprinus carp.*, oc. 4. c. ob. 8*.

NOTE

SUR

LE MUSCLE DILATATEUR DE LA PUPILLE

CHEZ LE PHOQUE

Par A. GABRIÉLIDÈS

Oculiste de l'Hôpital français de Constantinople.

Parmi les nombreux auteurs qui se sont occupés de la musculature de l'iris, deux seulement, à notre connaissance, ont fait porter leurs recherches sur des yeux de phoque, Dostojewski en 1886 (*Archiv f. mikr. Anat.*, Bd. 28), et Heerfordt en 1900 (*Anat. Hefte*, Bd. 14). Il ressort des descriptions de ces observateurs que la musculature de l'iris présente chez le phoque la même disposition générale que chez les autres mammifères, mais qu'elle est particulièrement bien développée, et que par suite les deux muscles qui la constituent se prêtent à un examen relativement facile (fig. 1). Le sphincter occupe presque toute la largeur de l'iris, et s'étend depuis le bord pupillaire jusqu'au voisinage du bord irien. Le muscle dilatateur, également très accusé, tapisse en nappe continue la face postérieure de l'iris, immédiatement en avant de l'épithélium postérieur, et s'étale depuis le bord de la pupille jusqu'à la région ciliaire. Enfin, les gros vaisseaux de l'iris se trouvent relégués à la face antérieure de cette membrane. Heerfordt a particulièrement bien décrit les plis musculaires (Vialleton) qu'on observe à la face antérieure du dilatateur, et qui présentent chez le phoque une richesse toute spéciale.

On s'accorde généralement aujourd'hui à reconnaître la nature musculaire de la membrane de Henle, et à considérer cette membrane comme un muscle dilatateur étalé en surface. Seulement les opinions divergent, quand il s'agit d'en préciser la structure

intime. Les uns, à la suite des recherches de Vialleton et de Grynfeltt, considèrent le dilatateur comme formé de deux couches distinctes, bien qu'intimement unies entre elles : une couche fibrillaire profonde, et une couche plasmodiale superficielle renfermant les noyaux. Ces deux couches sont continues, et ne se laissent pas décomposer en cellules distinctes. D'autres observateurs admettent, au contraire, que la membrane dilatatrice, et c'est l'opinion de Heerfordt chez le phoque, peut se laisser dissocier en cellules musculaires indépendantes, mais dont les noyaux, avec une zone de sarcoplasme, sont situés superficiellement, au-dessous

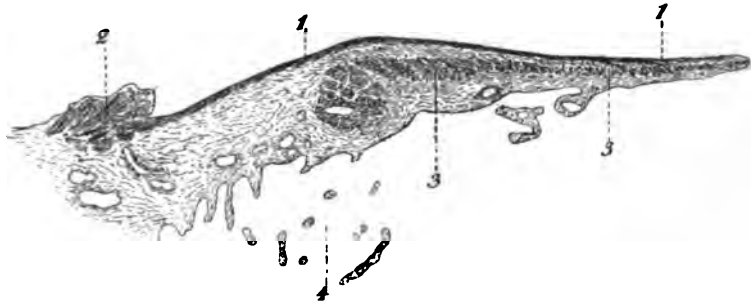


Fig. 1. — Coupe radiaire de l'iris chez le phoque, sur une pièce dépigmentée (gr. $\frac{20}{1}$). La coupe passe entre deux procès ciliaires. — 1, Dilatateur; 2, muscle ciliaire; 3, sphincter; 4, espaces de Fontana.

de l'épithélium postérieur de l'iris. Enfin, les derniers observateurs assimilent entièrement, au point de vue structural, le dilatateur au sphincter, et pensent que ces deux muscles sont formés par l'association de cellules musculaires lisses se rapprochant par tous leurs caractères des fibres cellules du restant de l'économie.

Ayant eu à notre disposition un œil de phoque que nous devons à l'obligeance de M. Tourneux, nous avons pensé qu'il y aurait peut-être intérêt à reprendre l'étude structurale du muscle dilatateur de l'iris, et à comparer les résultats obtenus avec ceux que nous avait fournis antérieurement l'examen des yeux de poulet et d'homme (Gabriélidès, Thèse Paris, 1895, et *Archives d'ophtalmologie*, 1895). L'œil de phoque avait subi un séjour de plusieurs années dans le liquide de Müller. Le segment irido-choroïdien en fut détaché avec soin, puis inclus dans la celloïdine, et enfin débité en coupes radiaires, perpendiculaires au rayon, et tangentielles. Les coupes dépigmentées dans la solution faible d'euchlorine

ont été colorées soit à l'hématéine de Mayer, soit dans le mélange de bleu de Borrel et d'éosine (une partie de bleu argenté de Borrel en solution à 1 pour 10, avec trois parties d'éosine en solution aqueuse à 1 pour 100).

1° *Coupes radiaires.* — Les coupes radiaires montrent nettement, en avant de l'épithélium postérieur de l'iris, l'existence d'une couche, musculaire lisse dont les éléments intéressés suivant leur longueur renferment leurs noyaux bien caractéristiques. Cette couche, qui répond au dilatateur de la pupille, s'étend depuis le muscle ciliaire jusqu'au bord de la pupille, envoyant sur son parcours quelques faisceaux anastomotiques au muscle sphinctérien. Elle forme une nappe continue, mais pourvue d'épaississements radiaires (plis ou crêtes musculaires) qui s'enfoncent en avant dans la trame de l'iris, si bien que la couche dilatatrice, dont plusieurs crêtes sont, en général, intéressées sur la coupe radiaire, apparaît comme formée par la succession de portions amincies, et de portions épaissies, ces dernières répondant aux crêtes musculaires.

Le muscle sphincter occupe toute la largeur de l'iris; il cesse en dehors par un renflement à l'origine des espaces de Fontana.

2° *Coupes perpendiculaires au rayon* (fig. 2). — Sur ces coupes qui nous paraissent les plus instructives, au point de vue de l'étude de la structure du dilatateur, les crêtes musculaires affectent la forme de bourgeons simples ou multilobés, appendus à la face antérieure du dilatateur, et en rapport avec les sillons de la face postérieure de l'iris. Leur longueur augmente progressivement du bord de la pupille au muscle ciliaire, au voisinage duquel elle peut s'élever jusqu'à 50 μ. Au niveau de ces épaississements, mieux encore qu'au niveau des portions planes, les fibrilles musculaires sont groupés en petits champs polygonaux, montrant çà et là un noyau. La distribution irrégulière des noyaux que l'on aperçoit aussi bien dans la portion centrale des crêtes musculaires que dans leur portion superficielle, ne nous permet pas d'accepter l'opinion des auteurs qui reconnaissent l'existence de deux couches superposées, l'une antérieure fibrillaire, et l'autre postérieure nucléée, de nature plasmodiale, ou encore de ceux qui, tout en admettant la décomposition du dilatateur en cellules, pensent que les noyaux de tous les éléments, avec une petite zone de protoplasma, sont rejetés à la face postérieure des fascicules de fibrilles, de manière à simuler une couche distincte. Dans nos préparations,

les noyaux occupent manifestement le centre des petits champs polygonaux qui nous paraissent ainsi répondre à autant d'éléments distincts, tassés les uns contre les autres, sans aucun ordre apparent. Les portions lisses du dilatateur interposées aux crêtes musculaires, sont également formées par une ou plusieurs couches de cellules à noyau central, comme dans l'épaisseur des crêtes musculaires.

3° *Coupes tangentielles.* — Les deux muscles, dilatateur et sphincter, sont intéressés suivant la longueur de leurs éléments.

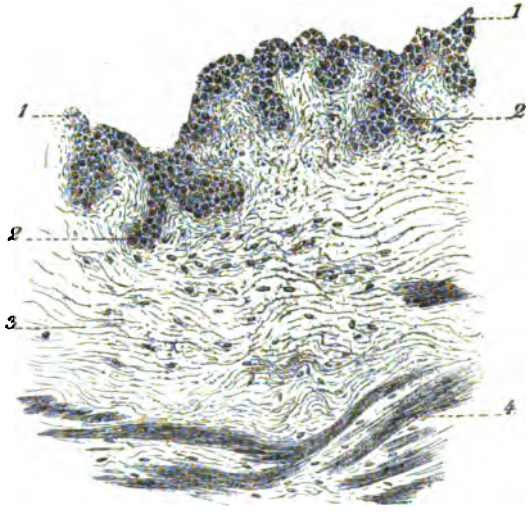


Fig. 2. — Coupe intéressant le dilatateur chez le phoque, perpendiculairement au rayon de l'iris, sur une pièce dépigmentée (gr. $\frac{270}{1}$). L'épithélium postérieur de l'iris s'est détaché. — 1, Dilatateur; 2, crêtes musculaires; 3, trame conjonctive de l'iris; 4, partie postérieure du sphincter.

Leur aspect est identique, et les limites cellulaires ne sont pas plus appréciables dans l'un que dans l'autre.

Résumé.

1° La membrane qui représente le muscle dilatateur de la pupille, très développée chez le phoque, est essentiellement constituée par des cellules musculaires lisses, distinctes et semblables à celles qui composent le sphincter.

2° L'aspect multilobé qu'affectent fréquemment, sur la coupe

transversale, les épaississements radiaires connus sous le nom de plis ou de crêtes musculaires, nous semble démontrer que ces épaississements ne résultent pas d'un reploiement de la membrane dilatatrice, au fond des sillons de la face postérieure de l'iris, avec accolement des parois opposées.

3° Les cellules musculaires lisses, dans les portions amincies du dilatateur, aussi bien que dans l'épaisseur des crêtes musculaires, sont tassées les unes contre les autres, sans aucun ordre apparent, ainsi qu'en témoigne sur la coupe la distribution irrégulière des noyaux.

Index bibliographique

Pour les travaux antérieurs à 1899, nous renverrons aux indications contenues dans notre thèse de doctorat en médecine (*Recherches sur l'embryogénie et l'anatomie comparée de l'angle de la chambre antérieure chez le poulet et chez l'homme; muscle dilatateur de la pupille*, Paris, 1895), et dans celle de Grynfeltt (*Le muscle dilatateur de la pupille chez les mammifères*, Montpellier, 1899).

1899. — Fruginele : Sul cosi detto musculo dilatatore della pupilla nell' uomo e nei mammiferi, *Gaz. int. Med. prat.*, Napoli.

1900. — Heerfordt : Studien über den Musc. dilatator pupillae, etc., *Anat. Hefte*, Bd. XIV.

— Miyake : Ein Beitrag zur Anat. des Musculus dilatator pupillae bei den Säugethieren, *Verhandl. d. pshys. med. Ges.*, Würzburg, N. F., Bd. XXXIV.

— Widmark : Om musculus dilatator pupillae, *Hygiea*, Stockholm, Bd. LXII.

1901. — Szili : Zur Anat. und Entw. der hinteren Irisschichten, mit besonderer Berücksichtigung des Musculus sphincter iridis des Menschen, *Anat. Anz.*, Bd. XX.

— Herzog : Ueber die Entwicklung der Binnenmusculatur des Auges, *Zeitschrift f. Augenh.*, et *Arch. für mikr. Anat.*, Bd. LX.

— Stock : Ein Beitrag zur Frage des Dilatator iridis, *Verh. Ges. deutsch. Naturf. u. Aerzte*, 73 Vers., Hamburg, et *Klin. Monatsbl. Augenh.*, Jahrg. 40, Bd. I.

— Miyake : *Ein Beitrag zur Anat. des Musculus dilatator pupillae bei den Säugethieren*, Inaug. Diss., Würzburg.

— W. N. de Vries : Embryogénie humaine du soi-disant muscle dilatateur de la pupille, *Nederlandsch Tiydschrift voor Geneeskunde*, tome I.

— Grunert : The Dilatator pupillae in Man, *Arch. of Ophtalmology*.

1902. — Herzog : Ueber die Entwicklung der Binnenmusculatur des Auges, *Ber. 30 Vers. ophtalm. Ges.*, Heidelberg.

— Kiribuchi : On the elastic Tissue in the human Eye, with remarks upon the dilatator pupillae Muscle, *Arch. of Ophtalmology*, tome XXXI.

— Szili : Beiträge zur Kenntniss der Anat. und Entwickl. der hinteren Irisschichten, etc., *Arch. f. Ophtalm.*, Bd. LIII.

— Prokopenko : Ueber die Verteilung der elastischen Fasern im menschlichen Auge, *Arch. f. Ophtalm.*, Bd. LV.

1904. — Forsmark : *Contribution à la connaissance de la musculature de l'iris de l'homme; sa structure et son développement*, Thèse, Stockholm.

BIBLIOGRAPHIE

Lehrbuch der systematischen Anatomie des Menschen, par K. von Bardeleben, Urban et Schwarzenberg, 1906.

K. von Bardeleben vient de faire paraître la première partie d'une *Anatomie systématique*, destinée aux étudiants en médecine et aux médecins. Ce volume compte 404 pages et comprend les chapitres suivants : 1° Aperçu historique de l'anatomie ; 2° Anatomie générale ; 3° Développement ; 4° Système squelettique (anatomie générale, description spéciale des os et des articulations) ; 5° Système musculaire.

Il y a plusieurs années, on le sait, Bardeleben a entrepris la publication d'un grand traité d'anatomie en huit volumes illustrés de nombreuses figures. Le manuel qu'il vient de publier manque de dessins et l'auteur se contente de renvoyer aux Atlas, à celui de Toldt en particulier dont j'ai déjà eu l'occasion de parler dans le *Journal de l'Anatomie*.

Trop souvent les traités didactiques sont faits par des auteurs qui n'ont ni enseigné ni observé par eux-mêmes. Ils se contentent de rapporter les opinions courantes ou de reproduire des préparations qu'ils n'ont pas étudiées eux-mêmes et qu'ils adaptent à des idées préconçues. Bardeleben, au contraire, a beaucoup lu et beaucoup vu ; il a la pratique de l'enseignement. Ces qualités se retrouvent à chacune des pages de son Manuel, qui est clair, précis et donne une excellente idée de l'état actuel de nos connaissances sur le corps humain. Il commence par une innovation qne je trouve très heureuse : c'est un aperçu de l'histoire de l'Anatomie. Combien de fois ai-je entendu les étudiants réciter des noms propres de savants dont ils ignorent le pays et le siècle où ils ont vécu !

Je ne saurais trop recommander ce Manuel fait par un maître qui sait ce qui est nécessaire et passe rapidement sur les choses accessoires.

Il est cependant quelques points sur lesquels je diffère d'avis. Il me semble que Bardeleben s'est trop complu à exposer des théories dont beaucoup appartiennent à l'histoire. Il décrit, par exemple, le tissu conjonctif réticulé comme constitué par un réseau de *fibrilles conjonctives*. Or, il suffit de prendre un ganglion lymphatique de cobaye, de le fixer et de colorer les coupes les unes par l'hématoxyline, les autres par la fuchsine-résorcine, pour se convaincre que le réseau est formé par des cellules à prolongements hématoxylinophiles, dont une partie s'est transformée en fibres élastiques. Il en est de même de l'ossification : la

zone de *régression* qu'admet Bardeleben devient la zone de *prolifération* pour ceux qui étudient les tissus frais, bien fixés et bien colorés.

D'autre part, Bardeleben n'a pas su éviter l'écueil de la plupart des anthropotomistes contemporains. Dans la préface de leurs traités, on lit une profession de foi transformiste, et, dans la description des organes, on retrouve les clichés des anatomistes des siècles passés. Or, c'est dans l'étude spéciale des systèmes qu'il faudrait insister sur la forme et la structure *particulières* que présente l'organe selon les conditions de milieu où vivent les espèces. Il n'est pas d'exemple plus instructif que les ligaments inter-articulaires du genou. Winslow pouvait les comparer à un C romain, parce que, à cette époque, on ne connaissait guère que les ménisques du genou humain. Aujourd'hui l'on sait que c'est la forme habituelle qu'affectent ces organes chez les mammifères qui se meuvent sur la terre ferme. Dès qu'on passe aux Singes et aux Oiseaux, l'un des ménisques devient annulaire ou prend la configuration d'une plaque pleine.

Des faits si simples, si faciles à contrôler contribueraient plus que toutes les théories à convaincre l'étudiant de cette notion fondamentale des sciences biologiques, à savoir que les habitudes et le genre de vie changent la forme des organes. En lui montrant le genou d'autres mammifères grimpeurs ou sauteurs, dont les ménisques deviennent cartilagineux et même en partie osseux, on le familiariserait avec l'idée que les influences extérieures sont capables de modifier la structure et l'évolution de nos organes. Au lieu de descriptions arides qui se résument en un schéma dit normal, les traités d'anatomie prépareraient l'étudiant à regarder l'organisation physiologique ou pathologique comme subordonnée au milieu extérieur qui y imprime ses moindres variations.

ÉD. RETTERER.

Éléments de Physiologie (2e édition), par F. LAULANIÉ. Paris, Asselin et Houzeau, 1905.

Il y a cinq ans, quand nous annoncions ici même l'apparition des premiers fascicules de cet ouvrage, nous félicitions le professeur Laulanié de l'esprit large dans lequel il avait conçu et écrit son livre. Nous lui prédisions un beau succès et c'est en effet ce qui est arrivé; la première édition des « Éléments de Physiologie » s'est promptement épuisée et elle a disparu pour faire place à une nouvelle édition dont le moindre avantage, sur la première, est de se présenter sous une forme beaucoup plus commode et plus attrayante. Du reste la substance du livre elle-même a été remaniée profondément par l'auteur. Les matières qui le composent ont conservé l'ordre qu'elles avaient la première fois, mais elles sont distribuées dans des groupes plus naturels et mieux définis, formant cinq parties distinctes : 1° considérations générales dans lesquelles se trouvent, entre autres, des chapitres intéressants sur l'énergie et sur ses transformations dans l'organisme; 2° fonctions de nutrition; 3° manifestations

extérieures de l'énergie (chaleur animale, électrogénèse, photogénèse, mouvement); 4° fonctions du système nerveux; 5° reproduction.

Il est inutile de dire qu'une œuvre signée Laulanié est tenue consciencieusement au courant des progrès incessants de la physiologie. Il nous est impossible, en ce court compte-rendu, de citer toutes les améliorations de détail, toutes les données nouvelles qu'on trouvera dans cette seconde édition. Citons seulement, à propos de la digestion, les chapitres qui ont trait à la méthode des repas fictifs, à la loi et aux excitants de la sécrétion gastrique (suc psychique), au mécanisme de la sécrétion pancréatique (sécrétine et entérokinase), aux phénomènes qui font suite à la peptonisation et qui achèvent le processus de la digestion des albuminoïdes. A propos du sang, Laulanié s'arrête suffisamment aux propriétés spécifiques des sérums dont la considération intervient si fréquemment, aujourd'hui, en pathologie générale ou en médecine légale. Et, à propos du cœur, il parle des faits si curieux touchant à la reviviscence de cet organe chez les mammifères. — La troisième partie renferme deux chapitres entièrement nouveaux sur la production de l'électricité et sur celle de la lumière chez les animaux. Les chapitres concernant la dépense alimentaire et l'énergétique musculaire ont été complètement remaniés. Enfin l'ouvrage se termine par de nouveaux chapitres concernant le lait et la sécrétion lactée.

En somme le professeur Laulanié continue dignement l'œuvre à laquelle il s'est courageusement attaché. L'effort a été grand; le résultat le sera plus encore.

GUSTAVE LOISEL.

Anatomia da cellula nervosa, par M. ATHIAS. Lisbonne, 1905.

L'ouvrage que vient de publier le Dr Athias fait grand honneur au laboratoire d'histologie et de physiologie de l'École de médecine de Lisbonne. C'est non seulement une mise au point excellente d'une des questions les plus importantes de l'histologie, mais c'est encore l'exposé des résultats originaux auxquels est arrrivé l'auteur dans sa déjà longue carrière d'histologiste. Le Dr Athias a été, en effet, un des plus brillants travailleurs du laboratoire du professeur Mathias Duval, à Paris et ce n'est que justice de rendre hommage à son labeur incessant.

Le livre d'Athias débute par un historique complet de la cellule nerveuse qui commence avec Leeuwenhoek pour se terminer par les noms d'Apathy, de Bethe, de Nissl et de Held. L'ouvrage proprement dit se divise en trois parties. La première concerne la morphologie générale et comparée de la cellule nerveuse; la seconde traite de l'histologie proprement dite : des neurofibrilles, des éléments chromophiles, des canalicules intra-cellulaires, du pigment, des centrosomes, etc., la troisième partie concerne la question, si discutée en ce moment, des relations qu'affectent les cellules nerveuses entre elles; elle expose d'abord les

deux théories actuelles des neurones et du réseau fibrillaire pour se continuer par l'origine pluricellulaire des fibres nerveuses et par la régénération autogénique des nerfs.

L'ouvrage se termine par une bibliographie à peu près complète et par un petit atlas de huit planches dont quelques-unes de microphotographies très bien réussies.

GUSTAVE LOISEL.

Principes d'Anatomie et de Physiologie, par CHAUDEZON. Paris, Ch. Lavauzelle.

Cet ouvrage, écrit par un Lieutenant-Colonel, ancien Commandant de l'École normale de gymnastique et d'escrime, s'adresse surtout, par conséquent, aux instructeurs et professeurs de gymnastique, qu'ils appartiennent à l'armée, à l'enseignement ou aux sociétés sportives. Débarrassé de tout caractère technique, il est presque exclusivement composé de planches et gravures en couleurs, réunies par un texte très sobre et très court. C'est de l'enseignement par l'image, et cet enseignement est présenté dans un ordre méthodique, qui rend l'étude facile et rapide, tout en captivant l'attention. C'est la physiologie et l'anatomie mises à la portée de tout le monde, à tous les points de vue, y compris le côté économique.

Planches d'Histoire Naturelle, par J. ANGLAS et H. SAUNIER. 1re série : *Anatomie élémentaire*. H. Paulin, Paris.

Ces planches, au nombre de 67 et renfermées dans une pochette avec fermoir, sont indépendantes les unes des autres; de la sorte l'étudiant peut les prendre isolément pour les mettre en regard de la partie du traité d'Anatomie ou de Physiologie qu'il est en train d'étudier; ou bien encore, il peut les intercaler dans son cahier de cours.

Parmi ces planches, nous signalerons, entre autres, celles qui ont trait à la Karyocinèse (pl. 14 et 15), à l'appareil urinaire (pl. 45 et 46), enfin toutes les planches relatives au système nerveux (pl. 47 à 55).

Topography of the thorax and abdomen, par P. POTTER. Publ. by the Univ. of Missouri, 1905.

Cet ouvrage, qui est le premier d'une série scientifique que doit publier l'Université de Missouri, est une contribution très importante à l'anatomie topographique du thorax. Pour cela, le corps humain a été étudié par le moyen de sections considérées isolément ou à la suite de recons-

truction. On y voit les rapports des organes et des systèmes thoraco-abdominaux; tous ces organes sont décrits individuellement, l'auteur donnant, pour chaque cas, la topographie de la région, ses relations avec les structures environnantes et fait une étude critique de la littérature correspondante. L'ouvrage se termine par 35 planches en noir et en couleurs.

Nous signalerons l'apparition du tome IV de l'*Histoire des maladies du Pharynx* par le Dr C. Chauveau (J.-B. Baillière, Paris). Ce volume comprend plus spécialement l'étude des travaux faits sur les Angines, de 1800 à 1875.

Gustave Loisel.

Le propriétaire-gérant : Félix Alcan.

Coulommiers. — Imp. Paul BRODARD.

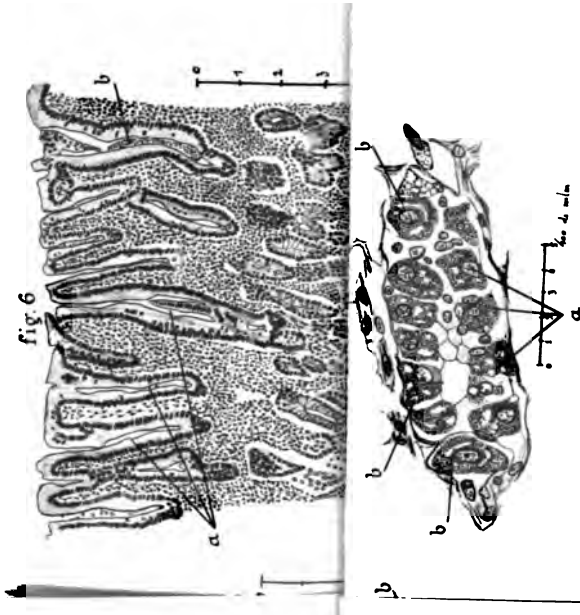
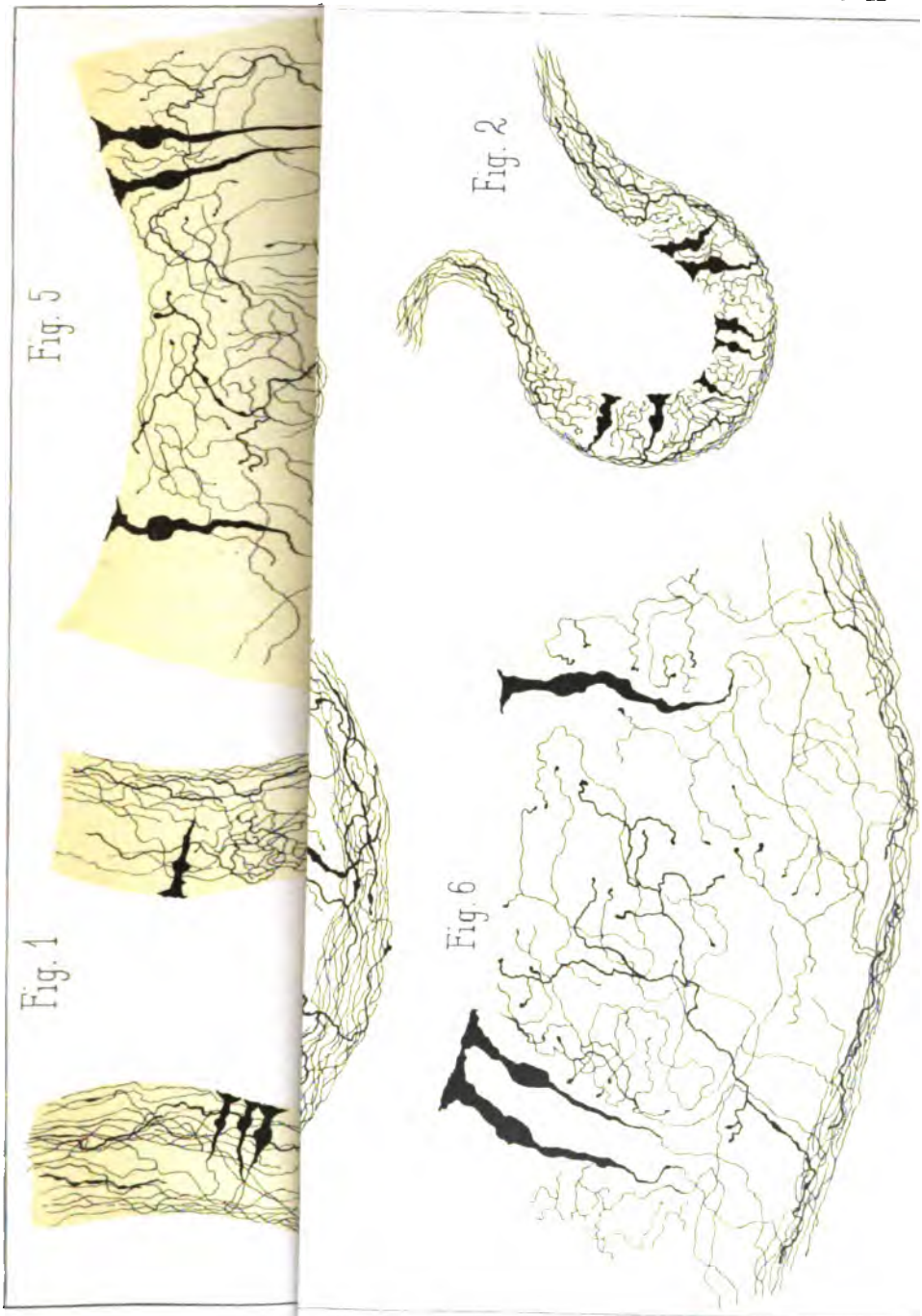


fig. 6
a
b
a
b
b
b
b



e des Poissons.

ÉTUDE SUR LES ARTÈRES DU SYMPATHIQUE

CÉPHALIQUE, CERVICAL, THORACIQUE ET ABDOMINAL

Par MM. Gabriel DELAMARE et TANASESCO.

(*Planches III et IV.*)

I

Les artères du sympathique céphalique.

La littérature anatomique est assez pauvre en renseignements sur les vaisseaux du sympathique et, plus particulièrement, sur ceux du sympathique céphalique. Les traités classiques français et étrangers sont muets à cet égard. Seul, Kurt Bartholdy, dans un mémoire paru, en 1897, dans les « Schwalbe's morphologische Arbeiten », esquisse une description des artérioles des ganglions ophtalmique, sphéno-palatin, otique et sous-maxillaire.

Mais il passe sous silence les vaisseaux du ganglion sublingual et sa description, d'ailleurs très brève, ne s'accompagne d'aucune figure.

Cette pénurie de renseignements livresques s'explique sans doute par ce fait que, très grêles et assez variables, les artères du sympathique céphalique sont toujours très difficiles à injecter et à disséquer.

Les injections ordinaires au suif ou à la gélatine sont, en général, impuissantes à pénétrer convenablement ces fines artérioles. Il faut employer des masses qui, comme celles de Teichmann, sont injectables lentement et à froid.

Afin d'augmenter la pénétrabilité de nos mélanges, nous avons eu soin de triturer notre mastic dans une grande quantité d'éther sulfurique et de le colorer par des substances qui, telles que le jaune de chrome ou le bleu de Prusse, sont plus légères que le cinabre.

Le bleu de Prusse, en suspension éthéro-térébenthinée, ajouté en quantité suffisante au mastic éthéré, nous a paru constituer une masse d'injection assez satisfaisante et digne d'attirer l'attention des rares anatomistes qui se livrent encore à des recherches de fine angéiologie. Plus pénétrante que le mastic chromé ou cinabré de Teichmann, elle n'a pas, comme le liquide de Gérota, l'inconvénient de diffuser et surtout de franchir les capillaires.

Nos injections, lentes et intermittentes, ont été poussées avec la seringue de Teichmann par la crosse aortique de sujets adultes et nouveau-nés. Chez l'adulte, nous avions soin, afin de réaliser une injection relativement partielle, de lier au préalable les sous-clavières et l'aorte abdominale au-dessous du diaphragme.

C'est grâce à cette technique que nous avons pu, croyons-nous, obtenir les préparations présentées le 30 juin 1905 à la Société anatomique et reproduites aussi fidèlement que possible par les dessins du mémoire actuel.

Ayant exposé notre méthode de travail, nous pouvons maintenant présenter les résultats obtenus en ce qui concerne l'origine et le trajet des artérioles qui irriguent les ganglions ophtalmique, sphéno-palatin, otique, sous-maxillaire et sublingual.

Artère du ganglion ophtalmique. — Le ganglion ophtalmique ne possède, en général, qu'une seule artère dont l'origine paraît assez variable. D'après Kurt Bartholdy, cette artère peut naître de l'artère ciliaire postérieure, de l'artère lacrymale, de l'artère ophtalmique.

Nous avons constaté que l'artériole du ganglion ophtalmique pouvait provenir des sources indiquées par Kurt et, parfois aussi, de l'artère musculaire inférieure, voire de la branche antérieure de la méningée moyenne lorsque celle-ci remplace l'ophtalmique.

Mais l'examen de nos préparations démontre que c'est presque toujours la ciliaire courte postérieure qui fournit le rameau du ganglion ophtalmique.

Née en dehors et au-dessous du nerf optique, en arrière du ganglion ophtalmique, la ciliaire courte émet sa branche ganglionnaire au moment où elle croise la face externe ou le bord supérieur de l'amas nerveux.

L'artériole, issue de la ciliaire courte, ne tarde pas à se diviser en plusieurs ramuscules qui entourent le ganglion et se prolongent sur ses racines (Voy. Fig. 1).

Artères du ganglion sphéno-palatin. — Contrairement aux ganglions ophtalmique et otique, le sphéno-palatin, reçoit toujours plusieurs artères. Ces artères émanent de la vidienne, de la sphéno-palatine et de la maxillaire interne.

L'artère vidienne (voy. Fig. 2), qui naît toujours en dehors du ganglion sphéno-palatin, émet sa collatérale ganglionnaire au moment où elle suit la face externe de ce centre nerveux.

Avant de s'engager dans le trou homonyme, l'artère sphéno-palatine fournit un petit ramuscule qui aborde le ganglion par sa face interne et s'anastomose avec les terminaisons de l'artériole précédente.

Enfin la maxillaire interne (Bartholdy et nous-même), au moment ou elle décrit sa dernière courbe pour se placer sous le nerf maxillaire supérieur, fournit un rameau qui va se perdre sur la face externe de l'amas ganglionnaire.

Artère du ganglion otique. — Suivant Arnold et Kurt Bartholdy, l'artère du ganglion otique est une branche de la méningée moyenne. D'après nos recherches, cette artériole provient presque toujours du tronc de la ptérygopalatine ou de la palatine supérieure. Elle s'épanouit sur la face interne du ganglion (voy. Fig. 3).

Artères du ganglion sous-maxillaire. — Les trois ou quatre artères du ganglion sous-maxillaire sont issues du rameau glandulaire de la faciale (Kurt Bartholdy et nous-même) ou de l'artère sous-mentale (Voy. Fig. 4). Ce ganglion reçoit ses vaisseaux par sa face interne.

Artères du ganglion sublingual. — La branche glandulaire de l'artère sublinguale qui passe entre les rameaux efférents du ganglion lui abandonne une ou deux artérioles, qui dessinent un fin réseau sur ses deux faces et atteignent le nerf lingual (Voy. Fig. 5).

En somme chacun des ganglions du sympathique céphalique reçoit au moins une artériole nourricière; le sphéno-palatin en présente souvent trois.

Multiples, les artères ganglionnaires s'anastomosent entre elles à la périphérie du centre nerveux.

Encore que les artères d'un ganglion donné du sympathique céphalique soient et restent toujours indépendantes des artères des autres ganglions, la vascularisation de ce segment nerveux ne semble pas, au premier abord du moins, construite suivant le type segmentaire, et cela, parce que les centres ganglionnaires n'appa-

raissent pas verticalement disposés les uns au-dessus des autres comme ceux des régions cervicale, thoracique et abdomino-pelvienne.

Nous verrons d'ailleurs que si cette disposition en série verticale concourt puissamment à la netteté et à l'évidence du type segmentaire des vaisseaux, d'autres conditions sont capables d'altérer la pureté de ce type : en effet, lorsque les centres ganglionnaires deviennent sinon absolument contigus comme dans la moelle, du moins très voisins les uns des autres, leurs vaisseaux ne tardent pas à s'anastomoser, réalisant ainsi un dispositif intermédiaire entre celui du sympathique céphalique, dans lequel on constate la dissémination des centres nerveux, l'indépendance des vaisseaux, et celui de la moelle, dans lequel les centres nerveux sont fusionnés et les vaisseaux longitudinalement anastomosés.

A cet égard, l'étude de l'angéiologie du sympathique est véritablement intéressante, car elle paraît susceptible d'éclairer non seulement la vascularisation de la moelle, mais encore celle de tous les centres nerveux.

II

Les artères du sympathique cervical.

Dans leurs *Études sur le système circulatoire*, Quénu et Lejars figurent la vascularisation des ganglions supérieur et moyen du sympathique : le premier reçoit ses artères nourricières de la thyroïdienne supérieure ou des pharyngiennes, le second de la thyroïdienne inférieure.

Ces auteurs insistent sur ce fait que les vaisseaux du sympathique cervical sont les mêmes que ceux du plexus gangliforme et du vague. Ils remarquent encore que les artères sympathiques, comme les autres artères nerveuses, n'abordent le ganglion dans lequel elles se capillarisent qu'après avoir décrit une courbe et s'être divisées; ainsi se trouve amorti le choc de l'onde sanguine.

Le mémoire de Kurt Bartholdy contient à ce sujet les renseignements suivants : le ganglion supérieur peut être vascularisé par la pharyngienne ascendante (Bourgery et Jacob, Poirier), la cervicale ascendante, la carotide externe ou l'auriculaire postérieure, la thyroïdienne supérieure et même la thyroïdienne inférieure.

Le plus souvent les artères ganglionnaires proviennent du rameau prévertébral de la pharyngienne ascendante (Haller, Cruveilhier, Mayer, Quain, Walther, cités par Kurt), parfois cependant elles émanent du rameau méningien de cette artère (Arnold, Cruveilhier, Henle, Sœmerring) ou de son rameau pharyngien (Luschka).

Les ganglions moyen et inférieur sont irrigués par des branches de la thyroïdienne inférieure et de la cervicale profonde.

Les branches intermédiaires sont vascularisées par la pharyngienne ascendante (Portal), son rameau prévertébral (Mayer), la cervicale ascendante, le rameau glandulaire de la thyroïdienne inférieure (Walther).

Kurt Bartholdy ne figure que les vaisseaux du ganglion supérieur.

Il s'agissait moins pour nous de surcharger la liste déjà très longue qu'avaient dressée nos prédécesseurs que d'essayer d'établir les types les plus fréquents et de représenter d'une façon complète la vascularisation de la chaîne cervicale. C'est ce que nous avons tenté. Voici les conclusions de nos recherches telles que nous les avons présentées avec pièces à l'appui, le 18 juillet 1905, à la Société anatomique.

Chacun de ces ganglions présente une source d'irrigation constante et des sources plus ou moins variables.

Pour le ganglion cervical supérieur, la source fixe est représentée par la pharyngienne ascendante qui, toujours ou presque toujours, fournit plusieurs ramuscules à ce centre nerveux (Voy. Fig. 6). Le nombre de ces ramuscules peut s'élever à 10.

Les sources variables sont représentées par la carotide interne, la carotide primitive, la thyroïdienne supérieure.

Pour le ganglion moyen, nous trouvons, comme source fixe, la thyroïdienne inférieure et comme sources variables, la cervicale ascendante et la laryngée inférieure.

Pour le ganglion inférieur, la source constante est la thyroïdienne inférieure, les sources variables sont la cervicale profonde, la cervicale ascendante, la sous-clavière (Voy. Fig. 7).

Quoi qu'il en soit, les sources d'irrigation des ganglions cervicaux sont toujours multiples et le fait n'est pas surprenant, car ces centres ganglionnaires résultent très vraisemblablement de la fusion de centres primitivement isolés les uns des autres.

Enfin, comme ces ganglions sont assez isolés les uns des autres, il ne se produit pas d'anastomoses importantes entre leurs vaisseaux respectifs qui, par suite, apparaissent plus indépendants les uns des autres que les vaisseaux des ganglions thoraciques.

III

Les artères du sympathique thoracique[1].

Portal (*Anatomie médicale*, 1803) a remarqué que les artères intercostales fournissaient des rameaux « aux nerfs grands sympathiques et à leurs ganglions thoraciques ».

Kurt Bartholdy écrit, à ce sujet, les lignes suivantes : « La nutrition du tronc sympathique thoracique est très riche. C'est au niveau des ganglions que s'effectue la pénétration des vaisseaux nourriciers. Ces vaisseaux proviennent tantôt des artères intercostales elles-mêmes, tantôt des collatérales que ces artères envoient aux tissus fibreux voisins. Parfois enfin elles émanent des anastomoses qui unissent les artères intercostales.

« Ascendants ou descendants, presque toujours courts, les vaisseaux nourriciers abordent le bord médial ou le bord latéral du tronc nerveux pour se distribuer presque toujours à sa face antérieure. Habituellement, chaque ganglion reçoit un vaisseau nourricier; lorsqu'un ganglion ne reçoit pas de vaisseau, il faut incriminer un défaut d'injection. »

Cet auteur n'a étudié ni les réseaux vasculaires du tronc sympathique, ni les vaisseaux des rami communicantes, ni ceux des splanchniques.

De nos recherches, exposées le 18 juillet 1905[2] à la Société anatomique, il résulte que chaque ganglion de la chaîne thoracique reçoit toujours au moins un rameau de l'artère intercostale qui croise son pôle supérieur. Ces vaisseaux sont donc très nombreux; par contre, ils sont très fins. Distendus par la masse d'injection, ils apparaissent souvent filiformes et présentent, à leurs origines, une largeur qui n'excède jamais deux millimètres. (Voy. Fig. 8.)

1. Ce chapitre a été écrit avec la collaboration de M. Etienne Le Sourd.
2. Voir : Gabriel Delamare et Etienne Le Sourd, *Bulletins et mémoires de la Société anatomique*, Paris, 18 juillet 1905.

Les artères du sympathique thoracique se détachent des intercostales immédiatement sus-jacentes aux ganglions qu'elles vont irriguer. L'angle qu'elles forment avec leur vaisseau d'origine se rapproche, en général, de l'angle droit.

Ces origines se placent tantôt *en dedans*, tantôt *en dehors* de la chaîne sympathique, plus rarement derrière celle-ci. Lorsque l'origine se trouve en dehors du sympathique, elle a toujours lieu avant la naissance du tronc dorso-spinal. Cette dernière disposition semble s'observer avec une fréquence relativement plus grande à la partie supérieure du thorax.

Ces artères ne proviennent que très exceptionnellement d'une collatérale; jamais elles n'émanent du tronc dorso-spinal.

Bien qu'issu du ganglion radiculaire postérieur, le ganglion sympathique acquiert donc une indépendance vasculaire assez grande vis-à-vis de son centre d'origine.

Le trajet initial des vasa sympathici varie nécessairement avec leurs origines : nés en dedans de la chaîne sympathique, ils se portent, par un trajet curviligne, obliquement en dehors; nés en dehors de cette chaîne, ils se dirigent obliquement en dedans; nés derrière ce tronc, ils descendent presque en droite ligne pour l'aborder par sa face postérieure. Cette dernière disposition semble d'ailleurs assez rare. Presque toujours les artérioles nourricières s'incurvent pour atteindre la partie moyenne ou, plus souvent encore, les bords du ganglion sympathique.

Tantôt elles pénètrent presque immédiatement à l'intérieur de cette formation nerveuse, tantôt elles continuent leur trajet à sa surface et se prolongent sur les troncs inter-ganglionnaires, sur les origines des splanchniques. A cet égard il est possible de distinguer, parmi les vasa sympathici, des artères *courtes* et des artères *longues*.

Les artères *courtes*, dont le trajet superficiel total ne semble pas excéder deux centimètres, sont en général flexueuses comme les artères de la moelle; elles ne semblent pas s'anastomoser avec les artères sus- et sous-jacentes. Cette disposition, visible surtout au niveau des espaces intercostaux supérieurs, est bien celle d'une vascularisation segmentaire, schématique, beaucoup plus évidente que celle de la moelle. Il faut d'ailleurs remarquer que la pureté de ce type métamérique est plus apparente que réelle et liée, partiellement au moins, soit à l'imperfection de l'injection, soit à la brièveté du trajet superficiel de ces vaisseaux.

Les artères *longues*, qui peuvent atteindre et même dépasser quatre centimètres, sont presque toujours sensiblement rectilignes comme celles des nerfs de la vie de relation. Arrivées sur la chaîne sympathique, elles se divisent presque toujours en deux branches, *ascendante* et *descendante*, qui longent respectivement les côtés de la chaîne sympathique.

Ces branches longitudinales s'anastomosent *à plein canal*, bout à bout, avec les branches de division des artères sus- et sous-jacentes. Il en résulte un long vaisseau vertical dont la disposition rappelle celle des spinales antérieure et postérieure. Comme une semblable disposition est susceptible de s'observer sur les deux côtés de la chaîne sympathique et comme, dans ce cas, les artères longitudinales interne et externe s'anastomosent de place en place au moyen de vaisseaux transversaux, il en résulte la présence d'un réseau superficiel scalariforme, à grandes mailles verticalement allongées. (Voy. Fig. 8^{b}.)

Cette disposition, assez simple et visible à la face antérieure de la chaîne sympathique, se complique un peu lorsqu'une artère *longue*, au lieu de suivre l'un des côtés de cette chaîne, s'enroule héliçoïdalement autour de celle-ci et contourne, pendant un certain temps, sa face postérieure.

Une autre cause de complication peut encore résulter de ce fait qu'une artère longue, au lieu d'envoyer sur la face antérieure ses deux branches de bifurcation, envoie l'une à la face antérieure, l'autre à la face postérieure du sympathique.

Si les réseaux sont plus développés en avant qu'en arrière, si le sympathique n'est pas, contrairement à la moelle, entouré d'un cercle artériel complet, il faut néanmoins reconnaître que la face postérieure de ce segment nerveux est loin d'être complètement avasculaire.

Quoi qu'il en soit, la présence des réseaux scalariformes prouve que le type segmentaire des vaisseaux du sympathique thoracique est susceptible de perdre, par places, sa pureté et tend à se rapprocher du type des vaisseaux médullaires.

Comme nous avons déjà eu l'occasion de le faire remarquer, le rapprochement, la contiguité des centres nerveux provoque, presque au même titre que la fusion de ces centres, le développement d'anastomoses intersegmentaires.

Les artérioles sympathiques fournissent toujours trois ou quatre

branches collatérales. Avant de pénétrer dans la chaîne nerveuse, elles abandonnent un ramuscule au tissu conjonctif voisin. Lorsqu'elles sont en contact avec le tissu nerveux, elles émettent une artériole très fine et très difficilement injectable, qui irrigue le rameau communicant et ne semble pas se prolonger sur le nerf intercostal.

Il y a donc à ce niveau une certaine indépendance entre la circulation artérielle du nerf sympathique et celle du nerf rachidien.

Enfin ces artérioles fournissent toujours quelques collatérales qui, se détachant à angle droit, vont s'épanouir dans le tissu conjonctif interfasciculaire.

Remarquons en terminant que la vascularisation des centres ganglionnaires n'est pas indépendante de celle des nerfs, car seuls les splanchniques, les rami communicantes possèdent des artérioles propres, nées directement des troncs intercostaux.

IV

Les artères du sympathique abdominal.

La vascularisation de la chaîne paravertébrale du sympathique lombaire est très comparable à celle de la chaîne paravertébrale du sympathique thoracique : on peut en donner une idée simple mais exacte en disant que chaque artère lombaire fournit au moins un rameau nourricier à chacun des ganglions de ce segment nerveux.

La vascularisation des chaînes viscérales est plus complexe et plus difficile à mettre en évidence : nous avons été assez heureux pour pouvoir étudier et figurer de façon assez exacte celles des groupes ganglionnaires et celle des plexus viscéraux. (Voy. Fig. 9 et 10.)

De nos recherches, il résulte que les artérioles nourricières des ganglions semi-lunaires proviennent des artères œsophagiennes, diaphragmatique inférieure, surrénale moyenne, du tronc cœliaque, de la rénale et même de l'aorte. Cette remarquable richesse vasculaire et cette multiplicité des sources d'irrigation ne doivent pas surprendre lorsqu'on réfléchit à l'importance fonctionnelle de ces formations et à la multiplicité de leurs origines. Il s'agit là moins d'un ganglion unique que d'un amas de ganglions primitivement indépendants les uns des autres.

Les ganglions aortico-rénaux sont irrigués par les branches de la rénale et de la spermatique ou de l'utéro-ovarienne; les ganglions mésentériques supérieurs, par des ramuscules du tronc cœliaque et de la mésentérique supérieure.

En ce qui concerne les plexus, on peut dire d'une façon générale qu'ils sont nourris par l'artère dont ils sont les satellites; cette artère peut d'ailleurs être suppléée par l'artère la plus voisine.

Le plexus diaphragmatique reçoit des branches de la diaphragmatique inférieure et de la surrénale supérieure; le plexus surrénal, des branches des surrénales moyenne et supérieure. Au plexus rénal aboutissent des collatérales de l'aorte, de la spermatique, de la surrénale inférieure, de la rénale. Le plexus spermatique est irrigué par des collatérales de l'aorte, de l'artère spermatique, de l'iliaque externe et, d'une façon générale, par des collatérales issues de toutes les artères qu'il rencontre dans son long trajet.

Les artères du plexus coronaire stomachique proviennent de l'hépatique, de la coronaire stomachique, des gastriques; celles du plexus hépatique viennent de l'artère hépatique et de la coronaire stomachique; celles du plexus mésentérique supérieur émanent du tronc cœliaque et de la mésentérique supérieure. Au plexus mésentérique inférieur se rendent des branches de l'aorte et de la mésentérique inférieure; au plexus hypogastrique supérieur, des ramuscules de l'aorte et de l'hypogastrique.

(Travail du Laboratoire d'anatomie de la Faculté de médecine de Paris.)

Explication des figures.

PLANCHE III.

Fig. 1. — Artère du ganglion ophtalmique : 1, nerf nasal; 2, artère ophtalmique; 3, nerf moteur oculaire commun; 4, artère ciliaire postérieure.

Fig. 2. — Artères du ganglion sphéno-palatin : 1, nerf maxillaire supérieur; 2, nerf vidien; 3, ganglion sphéno-palatin; 4, artère vidienne; 5, artère maxillaire interne.

Fig. 3. — Artères du ganglion otique : 1, ganglion otique; 2, nerf lingual; 3, muscle ptérygoïdien interne; 4, artère palatine supérieure;

5, artère ptérygoïdienne; 6, artère maxillaire interne; 7, nerf dentaire inférieur; 8, artère carotide externe.

Fig. 4. — Artères du ganglion sous-maxillaire : 1, muqueuse sectionnée; 2, artère glandulaire; 3, nerf lingual; 4, ganglion sous-maxillaire; 5, canal de Wharton.

Fig. 5. — Artères du ganglion sublingual : 1, nerf lingual; 2, artère sublinguale; 3, ganglion sublingual.

Fig. 6. — Artères du ganglion cervical supérieur : 1, pneumogastrique; 2, ganglion cervical supérieur; 3, artère occipitale; 4, artère faciale; 5, artère palatine ascendante; 6, artère linguale; 7, nerf laryngé supérieur; 8, carotide primitive.

Planche IV.

Fig. 7. — Artères des ganglions cervicaux moyen et inférieur : 1, artère cervicale ascendante; 2, tronc thyro-cervical; 3, ganglion cervical moyen; 4, ganglion cervical inférieur.

Fig. 8a. — Artères du sympathique thoracique.

Fig. 8b. — Réseaux artériels du sympathique.

Fig. 9. — Artères du plexus solaire : 1, petit splanchnique droit; 2, artère diaphragmatique inférieure; 3, grand splanchnique; 4, artère surrénale moyenne; 5, artère rénale; 6, artère spermatique; 7, nerf pneumogastrique droit; 8, tronc cœliaque; 9, ganglion semi-lunaire; 10, ganglion mésentérique supérieur; 11, ganglions aortico-rénaux.

Fig. 10. — Artères du plexus solaire : 1, artère mésentérique supérieure; 2, ganglion mésentérique supérieur; 3, ganglions aortico-rénaux; 4, pneumogastrique droit; 5, petit splanchnique gauche; 6, grand splanchnique; 7, artère surrénale inférieure; 8, artère spermatique.

L'IRRITABILITÉ DANS L'ANESTHÉSIE

Par Ch. FÉRÉ
Médecin de Bicêtre.

(*Planches V et VI.*)

C'est une question qui s'est posée à moi il y a bien longtemps, il y a vingt-cinq ans, quand je suivais les services de chirurgie; j'étais frappé que malgré l'anesthésie, et même à durée égale, les opérations les plus laborieuses laissaient une plus grande dépression. Mes remarques à cet égard ne trouvaient guère que des contradictions. Faute de mesure je passais condamnation, mais je restais convaincu que les anesthésiques supprimaient la douleur, la conscience, la perception de ce qui se passe dans l'esprit (Locke), mais que l'irritation fait son œuvre malgré tout. Quelques années plus tard, j'ai vu un neurasthénique qui prétendait avoir perdu sa santé à la suite d'une opération qui me paraissait insignifiante comme délabrement mais qui a ravivé mon ancienne préoccupation.

C'était un homme d'une trentaine d'années qui paraissait d'une belle constitution; il avait souffert, disait-il, dans le genou gauche de douleurs atroces apparaissant brusquement à propos de certains mouvements qui lui avaient amené une contracture en extension; mais à partir de cette complication, il ne restait qu'un endolorissement et les douleurs avaient disparu. Le chirurgien qu'il consulta a fait une exploration sous le chloroforme, à la suite de laquelle il affirma l'existence d'un corps mobile dans l'articulation, et que l'ablation était plus facile que le diagnostic. L'opération fut retardée en raison des circonstances de la santé du malade, mais elle fut très simple et suivie de succès. Toutefois, bien que la marche fût facile au bout de quelques jours, la dépression ne fit que s'accentuer. Ce malade faisait remarquer que l'exploration avait nécessité beaucoup plus de temps que l'opération qui avait fait user bien

moins de chloroforme. Il a été écrasé par l'opération qui pourtant n'a pas été sentie.

Cette observation pouvait étayer une hypothèse mais non point fournir une preuve; et d'ailleurs elle pourrait être interprétée tout autrement.

Je trouve d'autre part : « Or, il est indiscutable que les plaies opératoires guérissent d'autant mieux qu'elles ont été moins contusionnées au cours de l'intervention : il y a donc avantage à détacher vite la partie malade que l'opération doit supprimer, et à consacrer la majeure partie du temps total à l'hémostase et à la réparation de la plaie [1]. » La contusion ou l'attrition locale, on le comprend facilement, peut troubler la guérison de la plaie et elle peut provoquer la dépression générale. Mais la preuve reste à faire.

L'expérimentation sur les animaux ne peut donner aucun renseignement puisqu'ils ne peuvent pas nous communiquer rien sur les perceptions de ce qui se passe dans leur esprit, s'il s'en passe. On en est réduit à expérimenter sur l'homme.

Les anesthésiques généraux, capables d'abolir la conscience, ne pouvaient guère être utilisés expérimentalement sur l'homme, car la conscience est indispensable pour apprécier l'irritation aussi bien que l'anesthésie. Nous avons fait des tentatives avec un anesthésique localisé [2], la cocaïne.

J'ai pensé qu'on pourrait constater l'état du cerveau pendant l'anesthésie en mesurant le travail volontaire. C'est une expérimentation qu'on peut régler chez l'homme avec moins de danger que les infections [3]. Je me suis servi pour l'étudier de l'ergographe de Mosso [4], en travaillant avec le médius droit soulevant le poids de 3 kilogrammes chaque seconde, jusqu'à l'épuisement complet; on recommence vingt fois l'effort, en prenant seulement une minute de repos après chaque effort. On ne fait qu'une expérience chaque jour à la même heure et dans la même position. Une première expérience exécutée sans intervention préalable quelconque montre la capacité actuelle du travail normal; puis on répète le

1. Doyen, Les procédés de lenteur et les procédés de vitesse en technique opératoire (conférence à la Société de l'internat le 27 juillet 1905), *Revue critique de médecine et de chirurgie*, 7e année, n° 4, p. 56.

2. P. Reclus, *L'anesthésie localisée par la cocaïne*, 1903.

3. P. C. Bongrand, *De l'expérimentation sur l'homme, sa valeur scientifique et sa légitimité*, th. de Bordeaux, 1904-1905.

4. Ch. Féré, *Travail et plaisir, nouvelles études expérimentales de psycho-mécanique*, in-8, 1904, p. 16.

même exercice après l'injection de chlorhydrate de cocaïne dans des conditions différentes, tantôt immédiatement avant le travail, tantôt une minute ou plus avant le travail, toujours à la partie antérieure et supéro-externe de l'avant-bras gauche. Dans plusieurs expériences, pendant cette minute, nous avons provoqué une douleur par attrition, sur la région injectée en nous servant de l'appareil de Bloch[1] permettant de mesurer une pression de 1 200 grammes transmise par une tige métallique terminée par une surface de moins de 5 millimètres de diamètre. Nous avons observé précédemment[2] que cette pression provoque une douleur qui entraîne une incapacité de travail. Il était intéressant de savoir si la même pression provoquerait une même incapacité de travail malgré l'anesthésie.

L'injection de cocaïne a été faite sous la peau pour la ménager contre les chances de destruction par l'attrition : il est possible que la pression puisse être mal tolérée par la peau infiltrée par l'injection dans son épaisseur.

Expérience I.

Sans excitation.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,20	61	5,24	9,60
2	1,77	34	5,19	5,31
3	1,58	31	5,09	4,74
4	1,30	24	5,41	3,90
5	1,25	23	5,43	3,75
6	1,31	26	5,03	3,93
7	1,21	23	5,26	3,63
8	1,19	23	5,17	3,57
9	1,20	23	5,21	3,60
10	1,22	23	5,30	3,66
11	1,20	22	5,45	3,60
12	1,19	22	5,40	3,57
13	1,21	23	5,26	3,63
14	1,11	21	5,28	3,33
15	1,06	20	5,30	3,18
16	1,08	21	5,13	3,24
17	1,10	21	5,23	3,30
18	1,07	21	5,09	3,21
19	1,06	21	5,04	3,18
20	1,04	22	4,72	3,12
				79,05

1. A. M. Bloch, Nouveau sphygmomètre, *C. R. de la Soc. de Biologie*, 1888, p. 84.
2. Ch. Féré, Douleur et fatigue, *C. R. de la Société de Biologie*, 1905, t. LIX, p. 13.

Expérience II.

Immédiatement avant le travail, pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes à la partie supérieure externe de l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,14	5	2,80	0,42
2	0,13	4	3,25	0,39
3	0,12	4	3,00	0,36
4	0,12	4	3,00	0,36
5	0,10	4	2,50	0,30
6	0,10	4	2,50	0,30
7	0,08	4	2,00	0,24
8	0,08	3	2,66	0,24
9	0,08	3	2,66	0,24
10	0,10	3	3,33	0,30
11	0,06	3	2,00	0,18
12	0,05	3	1,66	0,15
13	0,04	2	2,00	0,12
14	0,03	2	1,50	0,09
15	0,02	1	2,00	0,06
16	0,02	1	2,00	0,06
17	0,01	1	1,00	0,03
18	0,01	1	1,00	0,03
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				3,87

Expérience III.

Immédiatement avant le travail, injection d'une solution de 1 centimètre cube de chlorhydrate de cocaïne à 0,50 p. 100 à l'avant-bras gauche (le liquide s'est échappé en grande partie de la seringue).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,26	66	4,93	9,78
2	1,81	39	4,64	5,63
3	1,65	35	4,71	4,95
4	1,29	26	4,96	3,87
5	1,25	25	5,00	3,75
6	1,25	25	5,00	3,75
7	1,23	23	5,34	3,69
8	1,41	28	5,03	4,23
9	1,26	23	5,47	3,78
10	1,09	21	5,19	3,27
11	1,20	23	5,21	3,60
12	1,07	21	5,09	3,21
13	1,13	21	5,38	3,39
14	0,84	16	5,25	2,52
15	0,95	18	5,27	2,85
16	0,95	18	5,27	2,85
17	0,50	10	5,00	1,50
18	0,24	5	4,80	0,72
19	0,12	4	3,00	0,36
20	0,08	3	2,66	0,24
				67,74

Expérience IV.

Immédiatement avant le travail, injection d'une solution de 1 centimètre cube de chlorhydrate de cocaïne à 0,50 p. 100 à l'avant-bras gauche (injection réussie).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,70	76	4,86	11,10
2	1,42	26	5,46	4,26
3	0,99	18	5,50	2,97
4	0,80	15	5,33	2,40
5	0,64	12	5,33	1,92
6	0,45	9	5,00	1,35
7	0,38	8	4,75	1,14
8	0,28	6	4,66	0,84
9	0,22	6	3,66	0,66
10	0,22	5	4,40	0,66
11	0,21	6	3,50	0,63
12	0,19	5	3,80	0,57
13	0,17	5	3,40	0,51
14	0,17	5	3,40	0,51
15	0,17	5	3,40	0,51
16	0,16	5	3,20	0,48
17	0,14	4	3,50	0,42
18	0,09	3	3,00	0,27
19	0,09	3	3,00	0,27
20	0,10	3	3,33	0,30
				31,77

Expérience V.

Une minute avant le travail, injection d'une solution de 1 centimètre cube de chlorhydrate de cocaïne à 0,50 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,63	70	5,18	10,89
2	1,87	37	5,05	5,61
3	0,72	14	5,14	2,16
4	0,47	10	4,70	1,41
5	0,46	10	4,60	1,38
6	0,40	9	4,44	1,20
7	0,30	6	5,00	0,90
8	0,32	7	4,57	0,96
9	0,30	7	4,28	0,90
10	0,26	6	4,33	0,78
11	0,28	7	4,00	0,84
12	0,26	7	3,71	0,78
13	0,17	4	4,25	0,51
14	0,19	5	3,80	0,57
15	0,15	4	3,75	0,45
16	0,12	4	3,00	0,36
17	0,14	4	3,50	0,42
18	0,12	4	3,00	0,36
19	0,11	3	3,66	0,33
20	0,10	3	3,33	0,30
				31,11

Expérience VI.

Une minute avant le travail, injection d'une solution de 1 centimètre cube de chlorhydrate de cocaïne à 0,50 p. 100 à l'avant-bras gauche; suivie après 20 secondes de 40 secondes de pression à 1200 grammes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total en kilogrammètres).
1	0,30	7	4,28	0,90
2	0,25	5	5,00	0,75
3	0,19	4	4,75	0,57
4	0,16	4	4,00	0,48
5	0,16	4	4,00	0,48
6	0,15	4	3,75	0,45
7	0,13	4	3,25	0,39
8	0,12	3	4,00	0,36
9	0,11	4	2,75	0,33
10	0,13	4	3,25	0,39
11	0,10	3	3,33	0,30
12	0,08	3	2,66	0,24
13	0,06	3	2,00	0,18
14	0,06	3	2,00	0,18
15	0,05	2	2,50	0,15
16	0,04	2	2,00	0,12
17	0,05	2	2,50	0,15
18	0,03	2	1,50	0,09
19	0,02	2	1,00	0,06
20	0,01	1	1,00	0,03
				6,60

Quand la solution faible de cocaïne a été introduite en très petite quantité, elle a provoqué une légère excitation qui a duré assez longtemps, jusqu'au 9e ergogramme (Exp. II); puis le travail est tombé plus rapidement que lorsqu'en l'absence de toute intervention (Exp. I).

Quand l'injection a été réussie (Exp. IV), il s'est produit avec la même dose une excitation primitive plus marquée, mais suivie d'une dépression plus rapide.

Quand le travail ne s'est fait qu'une minute après l'injection (Exp. V) l'excitation primitive a été moindre que dans l'expérience précédente où on a travaillé tout de suite après l'injection; mais le deuxième ergogramme a été plus fort et la chute a été encore plus rapide. C'est la règle que quand l'excitation est plus durable et plus productive, elle aboutit plus vite à la fatigue.

Dans l'expérience VI, l'injection de cocaïne a été suivie d'une excitation par une pression douloureuse à l'état normal, et n'a

guère été atténuée; elle a provoqué dès le début une incapacité de travail, une excitation primitive constante dans les expériences précédentes. En établissant les proportions on peut même comparer les résultats.

Travail total.

Sans excitation	79,05 =	100
Après la pression douloureuse	3,87 =	4,89
Injection incomplète de cocaïne	67,74 =	85,69
Injection de cocaïne immédiatement avant le travail	31,77 =	40,18
Injection de cocaïne, 1′ avant le travail	31,11 =	39,35
Injection de cocaïne, 1′ avant le travail, suivie de pression	6,60 =	8,34

Dans les expériences suivantes nous avons augmenté la dose de la cocaïne, l'injection contenait un centigramme.

Expérience VII.

Une minute avant le travail une injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne de 1 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,59	69	5,20	10,77
2	1,46	31	4,70	4,38
3	0,48	11	4,36	1,44
4	0,28	7	4,00	0,84
5	0,37	7	5,28	1,11
6	0,37	8	4,62	1,11
7	0,32	7	4,57	0,96
8	0,34	8	4,25	1,02
9	0,31	7	4,42	0,93
10	0,30	7	4,28	0,90
11	0,23	6	3,83	0,69
12	0,22	6	3,66	0,66
13	0,24	6	4,00	0,72
14	0,28	7	4,00	0,84
15	0,21	5	4,20	0,63
16	0,23	6	3,83	0,69
17	0,18	5	3,60	0,54
18	0,21	5	4,20	0,63
19	0,18	5	3,60	0,54
20	0,16	5	3,20	0,48
				29,88

Expérience VIII.

Une minute avant le travail, injection d'une solution de 1 centimètre cube de chlorhydrate de cocaïne à 1 p. 100 à l'avant-bras

gauche, suivie après 20 secondes d'une pression de 40 secondes de 1 200 grammes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,30	5	6,00	0,90
2	0,15	4	3,75	0,45
3	0,14	4	3,50	0,42
4	0,11	4	2,75	0,33
5	0,08	3	2,66	0,24
6	0,11	4	2,75	0,33
7	0,10	4	2,50	0,30
8	0,09	4	2,25	0,27
9	0,07	4	1,75	0,21
10	0,07	4	1,75	0,21
11	0,07	4	1,75	0,21
12	0,07	4	1,75	0,21
13	0,07	4	1,75	0,21
14	0,09	4	2,25	0,27
15	0,06	4	1,50	0,18
16	0,06	3	2,00	0,18
17	0,07	4	1,75	0,21
18	0,07	3	2,33	0,21
19	0,07	3	2,33	0,21
20	0,08	4	3,00	0,24
				5,79

Dans les expériences où on s'est servi de dose de 0,005 et de 0,01 de chlorhydrate de cocaïne, la sensation de pression était très atténuée sans qu'on puisse apprécier cette atténuation. Dans les expériences suivantes avec la dose de 0,02 la sensation de pression était nulle pendant environ 30 secondes puis la pression était sentie mais non douloureuse. A partir de cette dose, la douleur cutanée est supprimée et il ne reste que la sensation de résistance au poids.

Expérience IX.

Une minute avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne de 2 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,58	65	5,50	10,74
2	0,55	11	5,00	1,65
3	0,45	10	4,50	1,35
4	0,32	7	4,57	0,96
5	0,23	6	3,83	0,69
6	0,22	6	3,66	0,66
7	0,24	6	4,00	0,72
8	0,18	5	3,60	0,54
9	0,14	4	3,50	0,42

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
10	0,12	4	3,00	0,36
11	0,12	4	3,00	0,36
12	0,11	4	2,75	0,33
13	0,11	4	2,75	0,33
14	0,11	4	2,75	0.33
15	0,10	4	2,50	0,30
16	0,12	4	3,00	0,36
17	0,09	3	3,00	0,27
18	0,08	3	2,66	0,24
19	0,07	3	2,33	0,21
20	0,07	3	2,33	0,21
				21,03

Expérience X.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne de 2 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 20 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,12	4	3,00	0,36
2	0,13	4	3,25	0,39
3	0,14	4	3,50	0,42
4	0,14	4	3,50	0,42
5	0,13	4	3,25	0,39
6	0,11	4	2,75	0,33
7	0,08	3	2,66	0,24
8	0,07	3	2,33	0,21
9	0,06	3	2,00	0,18
10	0,06	3	2,00	0,18
11	0,04	3	1,33	0,12
12	0,04	3	1,33	0,12
13	0,05	3	1,66	0,15
14	0,04	3	1,33	0,12
15	0,02	3	0,66	0,06
16	0,03	3	1,00	0,09
17	0,02	2	1,00	0,06
18	0,02	2	1,00	0,06
19	0,02	2	1,00	0,06
20	0,02	2	1,00	0,06
				4,02

Dans l'expérience XI, la suivante, l'injection produit une anesthésie suffisante pour supprimer toute douleur; on ne sent plus que la résistance à la pression. C'est à cette dose seulement que se manifeste, pour la première fois, la dépression de l'activité dès le début, au lieu d'une légère exaltation dans les expériences précé-

dentes. L'accroissement des doses des narcotiques nous a donné des résultats analogues [1].

Expérience XI.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 3 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,03	21	4,90	3,09
2	0,48	10	4,80	1,44
3	0,39	8	4,87	1,17
4	0,40	10	4,00	1,20
5	0,38	8	4,75	1,14
6	0,27	8	3,37	0,81
7	0,27	7	3,85	0,81
8	0,31	7	4,42	0,93
9	0,34	8	4,25	1,02
10	0,32	7	4,59	0,96
11	0,25	6	4,16	0,75
12	0,29	8	3,62	0,87
13	0,32	8	4,00	0,96
14	0,27	7	3,85	0,81
15	0,28	8	3,50	0,84
16	0,18	5	3,60	0,54
17	0,20	6	3,33	0,60
18	0,18	5	3,60	0,54
19	0,18	5	3,60	0,54
20	0,12	4	3,00	5,36
				19,38

L'expérience suivante a été troublée à la fin de la pression par l'entrée d'un employé qui n'a fait que laisser une photographie sur la table : il a causé un retard de quelques secondes du premier ergogramme, et a pu provoquer une légère émotion. Ce trouble a relevé un peu le travail malgré le changement de dose. Ce relèvement n'est pas tel qu'il soit capable de changer les conclusions générales. L'expérience XIII a été exécutée correctement le lendemain, et a donné un déficit proportionnel comme les précédents.

Expérience XII.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 3 p. 100 à l'avant-bras

1. Contrib. à l'étude de l'action physiologique de la valériane et des valérianates, *Arch. de Neurologie*, 1902, 9e série, vol. XIV, p. 22. — Contrib. à l'étude de l'action physiologique de quelques bromures, *Nouv. Iconographie de la Salpêtrière*, 1902, p. 435. — *Travail et plaisir*, etc., p. 271.

gauche, suivie après 20 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,20	5	4,00	0,60
2	0,17	4	4,25	0,51
3	0,13	4	3,25	0,39
4	0,11	4	2,75	0,33
5	0,10	4	2,50	0,30
6	0,09	3	3,00	0,27
7	0,07	3	2,33	0,21
8	0,08	3	2,66	0,24
9	0,09	3	3,00	0,27
10	0,06	3	2,00	0,18
11	0,06	3	2,00	0,18
12	0,06	3	2,00	0,18
13	0,04	2	2,00	0,12
14	0,04	2	2,00	0,12
15	0,03	2	1,50	0,09
16	0,02	2	1,00	0,06
17	0,02	2	1,00	0,06
18	0,01	1	1,00	0,03
19	0,05	1	0,05	0,015
20	0	0	0	0
				4,155

Expérience XIII.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 3 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 20 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,18	6	3,00	0,54
2	0,12	4	3,00	0,36
3	0,09	3	3,00	0,27
4	0,06	3	2,00	0,18
5	0,06	3	2,00	0,18
6	0,07	3	2,50	0,21
7	0,06	3	2,00	0,18
8	0,06	3	2,00	0,18
9	0,05	2	2,50	0,15
10	0,04	2	2,00	0,12
11	0,04	2	2,00	0,12
12	0,03	2	1,50	0,09
13	0,04	2	2,00	0,12
14	0,04	2	2,00	0,12
15	0,03	2	1,50	0,09
16	0,03	2	1,50	0,09
17	0,03	2	1,50	0,09
18	0,02	2	1,00	0,06
19	0,02	1	2,00	0,06
20	0	0		0
				3,21

Expérience XIV.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,29	7	4,14	0,87
2	0,29	7	4,14	0,87
3	0,34	7	4,85	1,02
4	0,32	7	4,57	0,96
5	0,32	7	4,57	0,96
6	0,31	7	4,42	0,93
7	0,26	6	4,33	0,78
8	0,28	7	4,00	0,84
9	0,22	6	3,66	0,66
10	0,34	8	4,25	1,02
11	0,24	6	4,00	0,72
12	0,21	6	3,50	0,63
13	0,17	5	3,40	0,51
14	0,17	5	3,40	0,51
15	0,14	5	2,80	0,42
16	0,17	5	3,40	0,51
17	0,16	5	3,20	0,48
18	0,12	5	2,40	0,36
19	0,10	4	2,50	0,30
20	0,10	4	2,50	0,30
				13,65

Expérience XV.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 20 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,11	4	2,75	0,33
2	0,08	3	2,66	0,24
3	0,04	2	2,00	0,12
4	0,05	2	2,50	0,15
5	0,04	2	2,00	0,12
6	0,04	2	2,00	0,12
7	0,035	2	1,72	0,105
8	0,02	2	1,00	0,06
9	0,02	2	1,00	0,06
10	0,02	2	1,00	0,06
11	0,01	1	1,00	0,03
12	0,005	1	0,50	0,015
13	0,00	0	0	0
14	0,00	0	0	0
15	0,00	0	0	0
16	0,00	0	0	0
17	0,00	0	0	0
18	0,00	0	0	0
19	0,00	0	0	0
20	0,00	0	0	0
				1,41

Ces expériences montrent qu'à doses faibles la cocaïne donne une excitation éphémère au début du travail. A mesure que la dose augmente, l'exaltation diminue et le travail finit à tomber au-dessous de la normale dès l'effort initial. Même quand la cocaïne donne une exaltation initiale elle amène une fatigue prématurée et il y a un déficit constant. La cocaïne n'est pas strictement un anesthésique local; du reste on sait bien qu'il y a une ivresse cocaïnique après l'administration locale et d'autres phénomènes généraux.

Malgré l'anesthésie de plus en plus profonde, la réaction de la douleur est de plus en plus marquée.

Le tableau suivant montre bien l'influence de la cocaïne sur le travail, et son incapacité de supprimer la réaction à l'irritation pénible.

	Travail en kilogrammètres.	Percentage.
Sans excitation	79,05 =	100
Injection de 0,005 de chlorhydrate de cocaïne	31,11 =	39,35
Injection de 0,01	29,88 =	39,06
Injection de 0,02	21,03 =	26,46
Injection de 0,03	19,38 =	24,38
Injection de 0,04	13,65 =	17,28
Pression seule	3,87 =	4,89
Injection de 0,005 suivie de pression	6,60 =	8,34
Injection de 0,01 suivie de pression	5,79 =	7,32
Injection de 0,02 suivie de pression	4,02 =	5,08
Injection de 0,03 suivie de pression	3,21 =	4,06
Injection de 0,04 suivie de pression	1,41 =	1,78

On voit bien dans le tableau précédent qu'à mesure qu'on augmente la dose de cocaïne, la réaction à l'irritation traumatique, la fatigue, augmente; la proportion de la perte de la capacité de travail se montre encore mieux dans le tableau suivant :

Proportion du travail sous l'influence de l'irritation traumatique avec des doses variables d'anesthésique et avec la dépression croissante qu'il produit.

Pression seule	$\frac{3,87 \times 100}{79,05} = 4,89$
Pression avec la cocaïne : 0,005	$\frac{6,60 \times 100}{31,11} = 21,21$
Pression avec la cocaïne : 0,01	$\frac{5,79 \times 100}{29,88} = 19,34$
Pression avec la cocaïne : 0,02	$\frac{4,02 \times 100}{21,03} = 19,11$
Pression avec la cocaïne : 0,03	$\frac{3,21 \times 100}{19,38} = 16,56$
Pression avec la cocaïne : 0,04	$\frac{1,41 \times 100}{13,65} = 10,32$

Quand la dose de cocaïne augmente et quand l'anesthésie devient plus efficace, la réaction à l'irritation n'en persiste pas moins. On ne peut guère s'étonner que l'irritabilité, qui est un caractère de la vie et ne cesse que dans la mort, ne soit pas détruite par l'anesthésie.

La dépression caractéristique de la douleur est plus marquée sous-anesthésique (Exp. I et II). Si la cocaïne à petites doses diminue l'impotence liée à l'irritation mécanique, elle reprend cette influence dépressive sous l'influence de l'élévation des doses. L'impotence propre aux doses croissantes de cocaïne prépare la réaction à l'irritation : c'est-à-dire qu'à certaines doses la cocaïne paraît augmenter la sensibilité latente à la douleur, comme la fatigue en général augmente la sensibilité consciente à la douleur.

Dans l'anesthésie, l'excitation forte cesse d'être perçue comme une douleur mais elle conserve son effet épuisant; dans l'anesthésie, l'irritation provoque une fatigue sans douleur, plus on économise la douleur plus la fatigue peut s'accuser. Il y a donc intérêt de ménager l'irritation malgré l'anesthésie.

Dans les expériences suivantes je me proposais de constater la persistance de l'anesthésie et de ses effets, en retardant l'excitation mécanique et le travail. J'ai été surpris de voir que le travail se relevait graduellement à mesure que le temps d'attente s'allongeait; mais l'influence de l'excitation mécanique persistait et restait très marquée quoique légèrement atténuée.

Expérience XVI.

Deux minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,37	9	4,11	1,11
2	0,32	7	4,57	0,96
3	0,29	7	4,34	0,87
4	0,24	6	4,00	0,72
5	0,27	7	3,85	0,81
6	0,36	8	4,50	1,08
7	0,34	7	4,85	1,02
8	0,26	6	4,33	0,78
9	0,30	7	4,28	0,90
10	0,30	7	4,28	0,90
11	0,29	6	4,83	0,87
12	0,30	6	5,00	0,90
13	0,30	7	4,28	0,90

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
14	0,31	7	4,42	0,93
15	0,27	6	4,50	0,81
16	0,22	5	4,40	0,66
17	0,19	4	4,75	0,57
18	0,20	5	4,00	0,60
19	0,18	4	4,50	0,54
20	0,22	5	4,40	0,66
				16,59

Expérience XVII.

Deux minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 80 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,13	4	3,25	0,39
2	0,14	4	3,50	0,42
3	0,15	4	3,75	0,45
4	0,15	4	3,75	0,45
5	0,14	4	3,50	0,42
6	0,11	3	3,66	0,33
7	0,12	3	4,00	0,36
8	0,11	3	3,66	0,33
9	0,10	3	3,33	0,30
10	0,10	3	3,33	0,30
11	0,11	3	3,66	0,33
12	0,08	3	2,66	0,24
13	0,06	3	2,00	0,18
14	0,05	2	2,50	0,15
15	0,05	2	2,50	0,15
16	0,04	2	2,00	0,12
17	0,02	1	2,00	0,06
18	0,01	1	1,00	0,03
19	0,01	1	1,00	0,03
20	0	0	0	0
				5,04

Expérience XVIII.

Trois minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,75	17	4,41	2,25
2	0,60	13	4,61	1,80
3	0,54	12	4,50	1,62
4	0,57	12	4,75	1,71

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
5	0,49	10	4,90	1,47
6	0,79	16	4,93	2,37
7	0,52	11	4,72	1,56
8	0,60	12	5,00	1,80
9	0,65	13	5,00	1,95
10	0,60	12	5,00	1,80
11	0,65	13	5,00	1,95
12	0,61	12	5,08	1,83
13	0,60	12	5,00	1,80
14	0,57	12	4,75	1,71
15	0,50	10	5,00	1,50
16	0,51	10	5,10	1,53
17	0,61	12	5,08	1,83
18	0,53	10	5,30	1,59
19	0,51	10	5,10	1,53
20	0,44	9	4,88	1,32
				34,92

Expérience XIX.

Trois minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 140 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,18	5	3,60	0,54
2	0,17	4	4,25	0,51
3	0,12	4	3,00	0,36
4	0,14	4	3,50	0,42
5	0,16	4	4,00	0,48
6	0,15	4	3,75	0,45
7	0,18	4	4,50	0,54
8	0,15	4	3,75	0,45
9	0,13	4	3,25	0,39
10	0,13	4	3,25	0,39
11	0,13	4	3,25	0,39
12	0,14	4	3,50	0,42
13	0,13	4	3,25	0,39
14	0,16	4	4,00	0,48
15	0,14	4	3,50	0,42
16	0,12	4	3,00	0,36
17	0,11	3	3,66	0,33
18	0,09	3	3,00	0,27
19	0,08	3	2,66	0,24
20	0,08	3	2,66	0,24
				8,07

Expérience XX.

Quatre minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,68	15	4,53	2,04
2	0,54	12	4,50	1,62
3	0,53	12	4,41	1,59
4	0,44	10	4,40	1,32
5	0,43	10	4,30	1,29
6	0,45	10	4,50	1,35
7	0,50	10	5,00	1,50
8	0,55	10	5,50	1,65
9	0,57	10	5,72	1,71
10	0,61	10	6,10	1,83
11	0,66	12	5,50	1,98
12	0,77	13	5,92	2,31
13	0,80	14	5,71	2,40
14	0,75	14	5,33	2,25
15	0,78	15	5,20	2,34
16	0,78	15	5,20	2,34
17	0,85	16	5,31	2,55
18	0,85	16	5,31	2,55
19	0,95	18	5,27	2,85
20	1,02	20	5,10	3,06
				40,53

Expérience XXI.

Quatre minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 200 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,32	7	4,57	0,96
2	0,30	7	4,28	0,90
3	0,27	6	4,50	0,81
4	0,15	5	3,00	0,45
5	0,14	5	2,80	0,42
6	0,14	4	3,50	0,42
7	0,14	5	2,80	0,42
8	0,10	4	2,50	0,30
9	0,15	5	3,00	0,45
10	0,13	4	3,25	0,39
11	0,11	4	2,75	0,33
12	0,11	4	2,75	0,33
13	0,11	4	2,75	0,33
14	0,14	4	3,50	0,42
15	0,16	4	4,00	0,48
16	0,21	5	4,20	0,63
17	0,18	4	4,50	0,44
18	0,12	4	3,00	0,36
19	0,11	3	3,66	0,33
20	0,12	4	3,00	0,36
				9,54

Expérience XXII.

Cinq minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,90	19	4,73	2,70
2	0,88	18	4,88	2,64
3	0,82	17	4.82	2,46
4	0,80	16	5,00	2,40
5	0,91	17	5,35	2,73
6	1,18	22	5,36	3,54
7	1,57	28	5,60	4,71
8	2,07	38	5,44	6,21
9	1,52	29	5,24	4,56
10	2,26	43	5,25	6,78
11	2,44	51	4,78	7,32
12	2,42	55	4,40	7,26
13	2,11	47	5,12	6,33
14	1,56	34	4,58	4,68
15	1,39	29	4,79	4,17
16	1,23	24	5,12	3,69
17	1,27	25	5,08	3,81
18	1,43	29	4,93	4,29
19	1,62	32	5,06	4,86
20	1,35	25	5,40	4,05
				89,19

Expérience XXIII.

Cinq minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 260 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,14	4	3.50	0,42
2	0,12	4	3,00	0,36
3	0,12	4	3,00	0,36
4	0,17	5	3,40	0,51
5	0,20	5	4,00	0,60
6	0,25	6	4,16	0,75
7	0,33	7	4,71	0,99
8	0,37	7	5,28	1,11
9	0,29	6	4,83	0,87
10	0,24	6	4,00	0,72
11	0,23	6	3,83	0,69
12	0,22	5	4,40	0,66
13	0,18	5	3,60	0,54
14	0,20	5	4,00	0,60
15	0,19	5	3,80	0,57

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
16	0,21	5	4,20	0,63
17	0,18	5	3,60	0,54
18	0,19	5	3,80	0,57
19	0,18	5	3,60	0,54
20	0,19	5	3,80	0,57
				12,60

L'exaltation relative et tardive du travail (Exp. XXII) après des efforts peu efficaces au début sous l'influence de la cocaïne, rappelle l'effet excitant de l'économie volontaire de l'effort[1], mais dans l'expérience suivante (Exp. XXIII) l'exaltation tardive s'épuise vite.

Expérience XXIV.

Six minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,13	4	3,25	0,39
2	0,14	4	3,50	0,42
3	0,17	5	3,40	0,51
4	0,32	7	4,57	0,96
5	0,50	9	5,55	1,50
6	0,61	12	5,08	1,83
7	1,31	24	5,45	3,93
8	1,95	34	5,73	5,85
9	2,40	43	5,58	7,20
10	2,43	47	5,17	7,29
11	1,66	35	4,74	4,98
12	1,30	26	5,00	3,90
13	1,18	24	4,91	3,54
14	1,16	21	5,52	3,48
15	1,13	22	5,13	3,39
16	1,15	22	5,22	3,45
17	0,84	17	4,94	2,52
18	0,83	17	4,88	2,49
19	0,42	10	4,20	1,26
20	0,28	7	4,00	0,84
				59,73

Expérience XXV.

Six minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche

1. Ch. Féré, Sur l'effet physiologique de l'économie de l'effort, *C. R. de la Société de Biologie*, 1903, p. 71. — *Travail et plaisir*, nouvelles recherches expérimentales de psycho-mécanique, in-8, 1904, p. 62. — Recherches expérimentales sur l'influence du sucre sur le travail, *Revue de médecine*, 1906, p. 1.

suivie après 320 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,12	4	3,00	0,36
2	0,12	3	4,00	0,36
3	0,12	3	4,00	0,36
4	0,08	3	2,66	0,24
5	0,06	3	2,00	0,18
6	0,07	3	2,33	0,21
7	0,08	3	2,66	0,24
8	0,07	3	2,33	0,21
9	0,09	4	2,25	0,27
10	0,08	3	2,66	0,24
11	0,07	3	2,33	0,21
12	0,08	3	2,66	0,24
13	0,04	2	2,00	0,12
14	0,03	2	1,50	0,09
15	0,05	2	2,50	0,15
16	0,03	2	1,50	0,09
17	0,03	2	1,50	0,09
18	0,02	2	1,00	0,06
19	0,02	1	2,00	0,06
20	0,02	2	1,00	0,06
				3,84

Expérience XXVI.

Sept minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche (Fig. 1).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,65	12	5,41	1,95
2	0,58	11	5,27	1,74
3	0,43	9	4,77	1,29
4	0,45	10	4,50	1,35
5	0,46	10	4,60	1,38
6	0,43	9	4,77	1,29
7	0,45	9	5,00	1,35
8	0,46	10	4,60	1,38
9	0,44	9	4,88	1,32
10	0,53	11	4,81	1,59
11	0,59	12	4,91	1,77
12	0,51	10	5,10	1,53
13	0,58	12	4,83	1,74
14	0,58	12	4,83	1,74
15	0,52	11	4,72	1,56
16	0,35	9	3,88	1,05
17	0,30	7	4,28	0,90
18	0,23	6	3,83	0,69
19	0,19	5	3,80	0,57
20	0,18	5	3,60	0,54
				26,73

Expérience XXVII.

Sept minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 380 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes (Fig. 2).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,22	6	3,66	0,66
2	0,15	4	3,75	0,45
3	0,12	4	3,00	0,36
4	0,11	4	2,75	0,33
5	0,10	3	3,33	0,30
6	0,09	3	3,00	0,27
7	0,08	3	2,66	0,24
8	0,06	3	2,00	0,18
9	0,02	1	2,00	0,06
10	0,02	1	2,00	0,06
11	0,02	1	2,00	0,06
12	0,02	1	2,00	0,06
13	0,02	1	2,00	0,06
14	0,02	1	2,00	0,06
15	0,01	1	1,00	0,03
16	0,01	0	1,00	0,03
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				3,21

Les graphiques donnent une bonne représentation du phénomène, mais j'y ai relevé une imperfection qui mérite d'être signalée; il existe une différence entre la longueur totale des tracés et les chiffres qui représentent la hauteur totale mesurée directement sur le mètre entraîné à chaque soulèvement; le mètre n'est pas en défaut, c'est le style qui donne une longueur inférieure. Si on mesure la longueur totale du tracé elle est souvent au-dessous de celle qui a été fournie par la lecture sur le mètre curseur : on retrouve le même fait sur la plupart des ergogrammes. Les ergogrammes les plus longs ne sont pas les plus erronés au contraire : les ergogrammes de l'expérience XXVII donnent un déficit de 4,64 p. 100, tandis que les ergogrammes de l'expérience XXVI plus volumineux ne donnent que 4,20 p. 100. On peut se rendre compte de la cause de l'erreur de l'appareil inscripteur : le frottement du style peut être modifié non seulement par l'irrégularité de la surface du papier enroulé sur le cylindre enregistreur, mais aussi

par l'énergie et l'allure du mouvement de soulèvement du poids. J'ai retrouvé une erreur plus accentuée chaque fois que le travail est plus pénible; elle est souvent plus grande que dans le cas actuel : cette erreur ne peut guère modifier les conclusions basées sur les renseignements du mètre; mais il est bon de savoir que la forme graphique n'est pas strictement exacte : il n'est pas prudent de faire des lois sur la forme d'ergogrammes qui peuvent être réduits de 10 p. 100 ou plus encore, sans qu'il soit facile de déterminer quels soulèvements sont en défaut.

L'excitation secondaire qui se manifeste dans les expériences XXII et XXIV et se montre vers le cinquième ergogramme et augmente graduellement ne peut pas être attribuée nécessairement à la cocaïne. J'ai relevé un phénomène analogue en cherchant autre chose : en étudiant l'influence de l'immobilité dont on connaît les suites dépressives [1], j'ai observé une incapacité de l'effort en effet pendant plusieurs essais, mais il se manifeste quelquefois plus tard un relèvement considérable et plus durable encore que dans les expériences avec la cocaïne. Dans quelques-unes de ces expériences, l'immobilité a été obtenue par la fixation de la main droite dans l'appareil de contention de l'ergographe pendant un temps variable, avant le travail. Un temps court a suffi à modifier le travail; on peut s'en rendre compte en comparant l'expérience I et les expériences suivantes.

Expérience XXVIII.

Quinze minutes d'immobilité avant le travail.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,99	21	4,71	2,97
2	0,84	16	5,25	2,52
3	0,93	17	4,29	2,79
4	0,88	16	5,50	2,64
5	0,82	15	5,46	2,46
6	0,80	15	5,33	2,40
7	0,89	16	5,56	2,67
8	1,09	20	5,45	3,27
9	3,57	68	5,25	10,74
10	2,17	40	5,42	6,51
11	2,07	39	5,30	6,21
12	2,06	45	5,02	6,18

1. Ch. Féré, *La pathogénie des émotions*, 1892, p. 117. — Paralysie par inaction, *Revue de médecine*, 1896, p. 839. — *Travail et plaisir*, etc., 1904, p. 376.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
13	2,11	40	5,27	6,33
14	2,15	42	5,11	6,45
15	2,14	43	4,97	6,42
16	2,11	45	4,68	6,33
17	1,19	23	5,17	3,57
18	1,22	25	4,88	3,66
19	1,17	23	5,08	3,51
20	1,20	22	5,45	3,60
				91,20

Expérience XXIX.

Trente minutes d'immobilité avant le travail.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,24	6	4,00	0,72
2	0,13	4	3,25	0,39
3	0,10	3	3,33	0,30
4	0,09	3	3,00	0,27
5	0,09	3	3,00	0,27
6	1,66	28	5,92	4,98
7	2,98	50	5,96	8,94
8	3,33	64	5,20	9,99
9	1,35	25	5,40	4,05
10	1,55	28	5,53	4,65
11	1,51	27	5,59	4,53
12	1,27	23	5,52	3,81
13	1,21	22	5,50	3,63
14	1,23	22	5,59	3,69
15	1,30	24	5,41	3,90
16	1,45	27	5,37	4,35
17	1,50	28	5,35	4,50
18	1,06	20	5,30	3,18
19	0,58	12	4,83	1,74
20	0,29	7	4,14	0,87
				68,76

Ces quelques faits montrent d'ailleurs que l'immobilité préalable provoque une exaltation du travail sous la forme que nous avons étudiée sous l'influence de la cocaïne; quand l'immobilité se prolonge elle produit une fatigue progressive; une petite dose, au contraire, provoque une exaltation du travail immédiat [1].

Influence de l'immobilité préalable.

Travail normal ..... 79,05 = 100
Travail après 15 minutes d'immobilité. 91,20 = 115,09
Travail après 30 minutes d'immobilité. 68,70 = 86,90

1. Ch. Féré. L'influence de l'immobilité préalable sur le travail (*C. R. de la Soc. de Biologie*, 1905, t. II, p. 607).

Il est possible que l'anesthésie de la cocaïne puisse, avant d'entraîner l'épuisement moteur, s'accompagner d'une période de suractivité, comme on en voit après une certaine durée d'immobilité. La narcose semble réaliser aussi en quelque sorte une économie de l'effort.

Le travail varie suivant le temps qui s'écoule après l'injection de la même quantité de cocaïne; il augmente d'abord, puis il diminue de nouveau. Mais constamment l'irritation mécanique abaisse le travail avec la même dose de cocaïne et avec le même temps d'attente; il y a cependant un bénéfice notable pendant une certaine période pendant laquelle la cocaïne se montre moins dépressive. Le relèvement du travail malgré l'irritation mécanique n'est pas proportionnel à celui du travail produit sous l'influence de la cocaïne seule, mais il varie en général dans le même sens. On a constaté que la sensibilité à la douleur s'exalte dans la fatigue tandis que les autres formes de la sensibilité s'atténuent. Dans ces expériences on peut reconnaître une trace de l'addition de la douleur et de la fatigue, addition caractérisée par la dépression du travail. On peut s'en rendre compte plus clairement en résumant les résultats :

1° Travail suivant le temps de l'attente après l'injection anesthésique avec la même dose de 0,04 de cocaïne.

	Travail en kilogrammètres.	Percentage.
Sans aucune intervention.....	79,05 =	100
1 minute après l'injection de cocaïne.....	13,65 =	17,28
2 — —	16,59 =	20,98
3 — —	34,92 =	44,17
4 — —	40,53 =	51,27
5 — —	89,19 =	112,82
6 — —	59,73 =	75,55
7 — —	26,73 =	34,11
1 — après la cocaïne suivie de pression.	1,41 =	1,78
2 — — .	5,04 =	6,37
3 — — .	8,07 =	10,20
4 — — .	9,54 =	12,06
5 — — .	12,60 =	15,84
6 — — .	3,84 =	4,84
7 — — .	3,21 =	4,06

2° Proportion du travail suivant la durée de l'anesthésie (à la même dose de cocaïne 0,04) sous l'influence du traumatisme par rapport au travail avec l'anesthésie seule.

1 minute : $\frac{1,41 \times 100}{13,65} = 10,32$

2 — $\frac{5,04 \times 100}{16,59} = 30,37$

3 — $\frac{8,07 \times 100}{34,92} = 23,10$

4 — $\frac{9,54 \times 100}{40,53} = 23,58$

5 — $\frac{12,60 \times 100}{89,19} = 14,12$

6 — $\frac{3,84 \times 100}{59,73} = 6,42$

7 — $\frac{3,21 \times 100}{26,73} = 12,00$

L'action de la cocaïne sur le travail varie suivant la durée; mais à diverses époques de la cocaïnisation, la réaction de l'irritation, si elle présente des oscillations, n'est pas douteuse; elle mériterait d'être étudiée plus longuement.

J'ai voulu expérimenter comparativement à la cocaïne, un anesthésique qui lui a été assimilé, la stovaïne [1], qui passe comme équivalent la cocaïne. J'ai choisi une dose relativement forte pour obtenir une anesthésie suffisamment rapide pour être réalisée dans le temps que nous avons pris pour obtenir la réaction à l'irritation mécanique.

Expérience XXX.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 3 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,26	7	3,71	0,78
2	0,21	6	3,50	0,63
3	0,19	5	3,80	0,57
4	0,20	5	4,00	0,60
5	0,20	5	4,00	0,60
6	0,19	5	3,80	0,57
7	0,20	5	4,00	0,60
8	0,22	6	3,66	0,66
9	0,17	5	3,40	0,51
10	0,16	4	4,00	0,48
11	0,16	5	3,20	0,48
12	0,12	4	3,00	0,36
13	0,13	4	3,25	0,39
14	0,15	5	3,00	0,45

1. V. Ruthon, *Sur un nouvel anesthésique : La stovaïne*, th. 1904. — R. Piédalu, *Contribution à l'étude de la stovaïne*, th. 1905. — M. C. G. Dion, *La stovaïne, nouvel anesthésique local*, th. Bordeaux, 1905.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
15	0,13	4	3,25	0,39
16	0,14	4	3,50	0,42
17	0,13	4	3,25	0,39
18	0,11	4	2,75	0,33
19	0,13	4	3,25	0,39
20	0,09	4	2,25	0,27
				9,87

Expérience XXXI.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 3 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 20 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,10	4	2,50	0,30
2	0,06	3	2,00	0,18
3	0,05	3	1,66	0,15
4	0,04	3	1,33	0,12
5	0,05	2	2,50	0,15
6	0,03	2	1,50	0,09
7	0,02	2	1,00	0,06
8	0,025	2	1,25	0,075
9	0,13	2	1,00	0,06
10	0,01	1	1,00	0,03
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				1,215

La stovaïne, à la même dose que la cocaïne, provoque une dépression plus profonde et elle laisse une trace un peu plus forte de l'irritabilité mécanique. Cette irritabilité se traduit par une dépression relative un peu plus forte par rapport à la dépression toxique.

	Travail en kilogrammètres.	Proportion.
Sans excitation	79,05	= 100
Avec 0,03 de cocaïne	19,38	= 24,38
Avec 0,03 de stovaïne	9,87	= 12,48
Cocaïne avec pression	3,21	= 4,06
Stovaïne avec pression	1,215	= 1,53

Proportion du travail sous l'influence de l'irritation traumatique avec la dose d'anesthésique et avec la dépression qu'il produit.

Pression avec la cocaïne (0,03)..... $\frac{3,21 \times 100}{19,38} = 16,56$

Pression avec la stovaïne (0,03)..... $\frac{1,215 \times 100}{9,87} = 12,31$

Expérience XXXII.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 4 pour 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,90	15	6,00	2,70
2	0,72	12	6,00	2,26
3	1,44	23	6,26	4,32
4	1,65	25	6,60	4,95
5	1,92	30	6,40	5,75
6	2,18	33	6,30	6,54
7	2,73	44	6,20	8,19
8	3,11	52	5,98	9,33
9	2,69	43	6,25	8,07
10	1,58	27	5,85	4,74
11	1,80	31	5,80	5,40
12	2,06	32	6,42	6,18
13	2,54	42	6,04	7,62
14	3,30	58	5,68	9,90
15	2,71	47	5,76	8,13
16	2,30	39	5,89	6,90
17	2,50	42	5,95	7,50
18	2,54	44	5,77	7,62
19	2,41	40	6,02	7,23
20	2,26	38	5,94	6,78
				130,12

Expérience XXXIII.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 4 pour 100, suivie après 20 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre de soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,50	10	5,00	1,50
2	0,32	7	4,57	0,96
3	0,35	8	4,37	1,05
4	0,30	7	4,28	0,90
5	0,36	7	5,14	1,08
6	0,28	7	4,00	0,84
7	0,19	5	3,80	0,57
8	0,19	5	3,80	0,57
9	0,30	7	4,28	0,90

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
10	0,40	8	5,00	1,20
11	0,35	7	5,00	1,05
12	0,49	9	5,44	1,47
13	0,52	10	5,20	1,56
14	0,49	9	5,44	1,47
15	0,65	11	5,90	1,95
16	0,68	12	5,66	2,04
17	0,52	9	5,77	1,56
18	0,42	9	4,66	1,26
19	0,35	7	5,00	1,05
20	0,39	8	4,87	1,17
				24,15

Expérience XXXIV.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 5 pour 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,48	9	5,33	1,44
2	0,53	10	5,30	1,59
3	0,55	10	5,50	1,65
4	0,67	12	5,58	2,01
5	0,42	8	5,25	1,26
6	0,40	7	5,71	1,20
7	0,32	6	5,33	0,96
8	0,38	7	5,42	1,14
9	0,34	7	4,85	1,02
10	0,30	6	5,00	0,90
11	0,31	6	5,16	0,93
12	0,30	6	5,00	0,90
13	0,28	6	4,66	0,84
14	0,25	5	5,00	0,75
15	0,23	5	4,60	0,69
16	0,27	6	4,50	0,81
17	0,22	5	4,40	0,66
18	0,20	5	4,00	0,60
19	0,19	4	4,75	0,57
20	0,20	5	4,00	0,60
				20,52

Expérience XXXV.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 5 pour 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 20 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,21	5	4,20	0,63
2	0,16	4	4,00	0,48
3	0,13	4	3,25	0,39
4	0,13	4	3,25	0,39
5	0,13	4	3,25	0,39
6	0,08	3	2,66	0,24
7	0,12	4	3,00	0,36
8	0,08	3	2,66	0,24
9	0,07	3	2,33	0,21
10	0,06	3	2,00	0,18
11	0,03	2	1,50	0,09
12	0,04	2	2,00	0,12
13	0,03	2	1,50	0,09
14	0,02	1	2,00	0,06
15	0,03	2	1,50	0,09
16	0,03	2	1,50	0,09
17	0,02	2	1,00	0,06
18	0,01	1	1,00	0,03
19	0,02	1	2,00	0,06
20	0	0	0	0
				4,20

Nous avons vu que pendant le travail commencé 5 minutes après l'injection de 0,04 de chlorhydrate de cocaïne, il s'était manifesté un relèvement du travail remarquable (Exp. XXII). Un relèvement plus important et plus durable se montre dans le travail survenant une minute après l'injection de la même dose de stovaïne (Exp. XXXII). Un relèvement analogue mais moins marqué se retrouve avec la même injection suivie d'une irritation mécanique (Exp. XXXIII); mais le relèvement de cette dernière expérience a laissé la trace de l'effet de l'irritation mécanique et ne donne qu'un travail de 24,15 au lieu de 130,12 dans la précédente, c'est-à-dire que la seconde expérience donne 18,55 pour 100 de la première.

Après l'injection de 0,05 de stovaïne, on observe (Exp. XXXV) le retour de l'incapacité de travail, mais moins marquée qu'après une dose plus faible, 0,03. Avec l'injection de 0,05 de stovaïne le travail n'est plus que 20,42 et l'addition de la pression ne laisse plus que 4,20, c'est-à-dire que ce travail n'est que 20,46 pour 100 de l'expérience précédente. Il est à relever que les réactions les plus variées à l'agent anesthésique ne masquent pas les réactions à l'irritation mécanique.

J'ai fait quelques expériences pour étudier la persistance de

l'anesthésie et de ses effets, en retardant l'excitation mécanique et le travail, avec la stovaïne à 4 pour 100.

Expérience XXXVI.

Cinq minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 4 pour 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,23	6	3,83	0,69
2	0,73	13	5,61	2,19
3	0,77	14	5,50	2,31
4	0,73	13	5,61	2,19
5	0,78	14	5,57	2,34
6	0,89	15	5,93	2,67
7	0,74	13	5,69	2,22
8	0,80	16	5,00	2,40
9	0,75	15	5,00	2,25
10	0,80	14	5,71	2,40
11	0,66	12	5,50	1,98
12	0,75	13	5,76	2,25
13	0,68	12	5,66	2,04
14	0,60	11	5,45	1,80
15	0,71	14	5,07	2,13
16	0,73	13	5,61	2,19
17	0,65	12	5,41	1,95
18	0,48	9	5,33	1,44
19	0,32	7	4,57	0,96
20	0,20	6	3,33	0,60
				39,00

Expérience XXXVII.

Cinq minutes avant le travail injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 4 pour 100 à l'avant-bras gauche, suivie après 260 secondes, d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,19	5	3,80	0,57
2	0,27	5	5,40	0,81
3	0,21	5	4,20	0,63
4	0,23	5	4,60	0,69
5	0,21	5	4,20	0,63
6	0,20	5	4,00	0,60
7	0,18	4	4,50	0,54
8	0,11	4	2,75	0,33
9	0,13	3	4,33	0,39
10	0,12	3	4,00	0,36
11	0,09	3	3,00	0,27
12	0,07	2	3,50	0,21

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
13	0,05	3	1,66	0,15
14	0,05	2	2,50	0,15
15	0,03	2	1,50	0,09
16	0,02	2	1,00	0,06
17	0,02	1	2,00	0,06
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				6,54

Expérience XXXVIII.

Dix minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 4 pour 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres)
1	0,51	10	5,10	1,53
2	0,41	8	5,12	1,23
3	0,39	7	5,57	1,17
4	0,34	7	4,85	1,02
5	0,33	6	5,50	0,99
6	0,34	6	5,66	1,02
7	0,25	5	5,00	0,75
8	0,22	5	4,40	0,66
9	0,22	5	4,40	0,66
10	0,20	5	4,00	0,60
11	0,17	4	4,25	0,51
12	0,19	4	4,75	0,57
13	0,23	5	4,60	0,69
14	0,22	5	4,40	0,66
15	0,20	5	4,00	0,60
16	0,22	5	4,40	0,66
17	0,17	4	4,25	0,51
18	0,23	5	4,60	0,69
19	0,16	4	4,00	0,48
20	0,14	4	3,50	0,42
				15,42

Expérience XXXIX.

Dix minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution de stovaïne à 4 pour 100 à l'avant-bras gauche suivie après 560 secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant 40 secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,24	5	4,80	0,72
2	0,22	5	4,40	0,66
3	0,19	5	3,80	0,57
4	0,22	5	4,40	0,66

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
5	0,20	4	5,00	0,60
6	0,15	4	3,75	0,45
7	0,13	3	4,33	0,39
8	0,13	3	4,33	0,39
9	0,09	3	3,00	0,27
10	0,07	2	3,50	0,21
11	0,04	2	2,00	0,12
12	0,03	1	3,00	0,09
13	0,025	1	2,50	0,075
14	0,03	1	3,00	0,09
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				2,295

On peut remarquer que la même dose suivie d'une attente différente diminue le travail. La même dose, suivie d'une même attente et d'une même irritation mécanique, diminue encore le travail; mais la diminution liée l'irritation mécanique augmente proportionnellement à mesure que le travail suit de plus loin l'injection de stovaïne qui est plus déprimante. C'est-à-dire que l'influence du traumatisme est plus grande quand la dépression préalable de stovaïne était déjà plus grande : la fatigue favorise la réaction à l'irritation mécanique. Nous avons déjà signalé cette réaction.

Les chiffres suivants montrent bien cette dépression croissante.

Travail après l'irritation mécanique après la même dose de stovaïne 0,04, suivant le temps d'attente proportionnellement au travail après la même dose de stovaïne avec le même temps d'attente.

$$1 \text{ minute} : \frac{24,15 \times 100}{130,12} = 18,55$$

$$5 \quad — \quad : \frac{6,54 \times 100}{39,00} = 16,76$$

$$10 \quad — \quad : \frac{2,295 \times 100}{15,42} = 14,87$$

A la suite de 20 ergogrammes sous l'influence du sel, dont le dernier ne laissait que 0,27 kilogrammètre, à la minute suivante une injection de stovaïne à 0,05 p. 100 donne un relèvement à 4,47. La stovaïne produit une excitation au moins dans la fatigue.

Les faits expérimentaux précédents en général ne sont pas seule-

ment propres à montrer la réalité de l'irritabilité malgré l'anesthésie, et les rapports de la douleur et de la fatigue, mais ils peuvent encore fournir des indications pour des recherches nouvelles sur la physiologie des anesthésiques soi-disant locaux.

Explication des planches.

Planche V.

Fig. 1. — Réduction photographique des 20 ergogrammes exécutés 7 minutes après une injection de 1 centimètre cube de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100. (Exp. XXVI.)

Fig. 3. — Réduction photographique des 11 premiers ergogrammes exécutés après 15 minutes d'immobilité. (Exp. XXVIII.)

Planche VI.

Fig. 2. — Réduction photographique des 20 ergogrammes exécutés 7 minutes après une injection de 1 centimètre cube de chlorhydrate de cocaïne à 4 p. 100 et immédiatement après la pression douloureuse. (Exp. XXVII).

Fig. 4. — Réduction photographique des 7 derniers ergogrammes après 15 minutes d'immobilité. (Exp. XXVIII.)

ACTIONS MUSCULAIRES LOCOMOTRICES

Par P. LE HELLO
Professeur à l'École des Haras.

Quoique nos travaux sur les actions musculaires locomotrices aient obtenu l'approbation de physiologistes et d'anatomistes distingués, certains refusent de nous suivre sans indiquer formellement les raisons qui les retiennent. On prétendrait surtout, si nous sommes bien renseigné, que nos appareils n'impliqueraient pas les déductions que nous en avons tirées, parce qu'ils ne fonctionneraient qu'en l'absence de poids sérieux à déplacer.

Cette objection est assurément peu fondée. Pourquoi n'a-t-on pas vu, au contraire, que si une certaine somme de puissance se crée ainsi, il y a lieu de penser, par cela même, que l'accentuation des moyens dont elle procède ne semble pas inadmissible.

En fait, en entreprenant ces vérifications on a trop négligé de rester dans les conditions fondamentales suivantes :

a) Avant tout il est nécessaire de répartir directement le poids sur les trains antérieurs et postérieurs, pour se rapprocher de l'état des organismes vivants ;

b) La rétraction des ressorts doit être à un degré de puissance qui soit en rapport avec le volume considérable des muscles ischio-tibiaux (long vaste, demi-tendineux et demi-membraneux) et pectoraux. Et, cela va sans dire, il ne s'agit pas seulement de la force des ressorts, mais aussi de leur degré de distension, de leurs facultés de rétraction.

Les tiges de fer épaisses dont nous nous sommes servi dans la fabrication de nos représentations donnent déjà, par leur ensemble, un poids qui est loin d'être négligeable. Ce n'est d'ailleurs pas tout, car il est constant que *les mouvements ne sont en quelque sorte jamais entravés par la charge qu'on fait porter sous forme de barres*

de fer de la longueur du tronc, pourvu que les artifices rappelant les muscles soient augmentés parallèlement.

Lorsqu'il s'agit de forts poids à déplacer, les ressorts métalliques atteignent difficilement la puissance nécessaire. En pareil cas, nous employons des fils élastiques. Avec un poids de caoutchouc restant au quart du poids des muscles, et même beaucoup moins, on réalise les déplacements dans d'excellentes conditions.

*
* *

Les théories dans lesquelles plusieurs auteurs continuent à se retrancher nous paraissent notoirement erronées. Tout au moins elles n'expliquent que très partiellement les faits.

Encore récemment tout y était à l'état de conception presque complètement subjective. On n'y invoquait qu'une détente suivant l'axe des colonnes locomotrices, par l'action des extenseurs; ceux de ces muscles que l'on nommait étaient exclusivement les fessiers, les muscles rotuliens (droit antérieur, vaste externe et interne), les jumeaux (gastro-cnémien), le sus-épineux et le sous-épineux, le biceps, les extenseurs de l'avant-bras ou anconés (triceps brachial) et les fléchisseurs des phalanges.

Les dernières publications en sont venues à mentionner les *pectoraux* et les *ischio-tibiaux*. Par ce côté nos travaux n'ont déjà pas été inutiles et *il paraît peu probable qu'on en reste à reconnaître qu'une des extrémités de ces muscles peut appuyer sur le membre correspondant, qu'on n'arrive pas à rechercher comment l'autre agit sur le tronc.*

Dans l'hypothèse qui comporte le plus de partisans, il est reçu que la détente du membre se combine avec l'action de la pesanteur sur la partie correspondante du corps, c'est-à-dire se maintient en relation directe avec cette dernière. Or, comment admettre, dans cette thèse, ce qui se passe aux allures vives, alors que les effets doivent être surélevés, pendant que la vitesse acquise diminue l'impression résultant de la pesanteur.

En outre, n'est-il pas digne d'être remarqué que les membres antérieurs qui supportent un maximum de poids (expériences de Morice et Baucher) ont une musculature comparativement bien moins développée. Enfin, la rigidité du tronc, dont le concours est alors sous-entendu, suppose les interventions du balancier céphalo-cervical, des ischio-tibiaux et de l'ilio-spinal (masse commune,

long dorsal, long épineux, transversaire du cou), et nous serions curieux d'en voir interpréter le mécanisme en dehors de ce que nous avons proposé.

On nous nous trompons beaucoup, ou il y a là des choses absolument inconciliables. Au surplus, les notions que nous combattons se butent également à des faits pouvant être soumis au calcul. Ce qui se passe dans la traction des véhicules est à ce propos particulièrement précis.

Il est communément admis qu'un cheval de 800 kilogr. peut

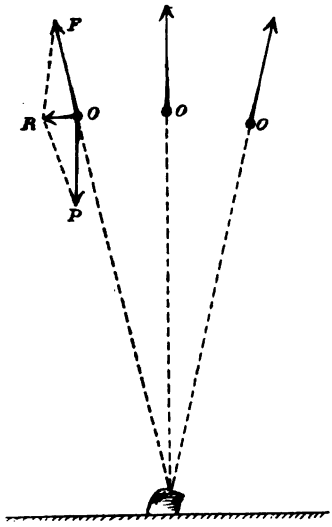


Fig. 1.

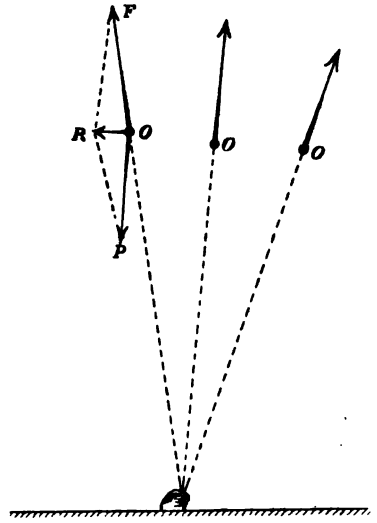


Fig. 2.

traîner 1 500 kilogr. sur une voiture de 900 kilogr., par tous les chemins. Autrement dit, il est alors déplacé $800 + 1\,500 + 300 = 3\,200$ kilogrammes.

D'après la décomposition des forces sur les plans inclinés, la tendance à la descente qui devra être surmontée lorsque les pentes s'élèvent à 10 p. 100, est voisine de $\frac{3\,200 \times 10}{100} = 320$ kilogr. Le frottement de roulement pour la voiture et sa charge comprend : $2\,400 \times 0{,}08 = 192$ kilogr.

En fin de compte, la résistance ou déplacement est donnée par : $320 + 192 = 412$ kilogr.

Voyons, d'autre part, ce que sont les efforts locomoteurs disponibles, dans les limites de l'hypothèse qu'il s'agit de vérifier.

1° Au pas, un bipède est à l'appui pendant que l'autre est au soutien. De plus, lorsqu'un membre appuyé est à la première moitié de son contact avec le sol, il est oblique de haut en bas et d'avant en arrière, et son congénère parcourt la fin de sa période d'impulsion, c'est-à-dire a une direction générale de bas en haut et d'arrière en avant.

2° Les figures 1 et 2 — tirées des photographies sériées (numéro de septembre-octobre 1899) — tracent les directions des grands axes des membres du commencement à la fin de leur contact avec le sol. La composition de la détente dans le sens de l'axe du membre OF, avec la force qui figure la pesanteur OP, donne la résultante OR, qui ne dépasse pas en valeur le tiers de OP, et ceci seulement en approchant de la fin de l'appui.

Au moment où OR, dans un membre postérieur (fig. 2), égale au plus le tiers de OP, l'axe général du membre antérieur à l'appui est près de se confondre avec la verticale, c'est-à-dire ne saurait supporter moins de la moitié du poids du corps. En supposant donc des conditions éminemment favorables, la partie du poids du corps afférente au membre postérieur qui donne l'impulsion est au plus de 800 : 2 = 400 kilogr. Et OR n'a, dans ces conditions, d'après ce qui précède, qu'une valeur de 400 : 3 = 133 kilogr.

*
* *

Dans nos travaux sur l'action des organes locomoteurs, la relation de janvier-février 1893 relative aux *homologies* des membres a seule soulevé des critiques quelque peu précises. On comprendra, dans une telle occurrence, combien nous avons été étonné de rencontrer dans « l'Extérieur du cheval » de M. le professeur Montané, le tableau ci-contre, qui réédite complètement ce qu'on nous refusait avec la dernière insistance.

Angles homologues[1].

1° { A, Angle vertébro-scapulaire ou du corps.
{ P, Angle coxo-fémoral ou de la croupe.

2° { A, Angle scapulo-huméral ou de l'épaule.
{ P, Angle fémoro-tibial ou du grasset.

3° { A, Angle huméro-radial ou du coude.
{ P, Angle tibio-tarsien ou du jarret.

4° { A, Angle métacarpo-phalangien ou du boulet.
{ P, Angle métatarso-phalangien ou du boulet.

1. Dans ce tableau A indique les membres antérieurs et P les membres postérieurs.

D'autre part, MM. Chauveau, Arloing et Lesbre viennent de donner une nouvelle édition de leur *Anatomie comparée des animaux domestiques*, et nous trouvons que tout en maintenant la généralité des rapprochements qui nous ont arrêté, ils émettent des considérants dont nous pouvons bénéficier. Nous faisons allusion au passage où il est indiqué que « les os étant faits pour les muscles et même par les muscles, ceux-ci doivent être pris pour guide dans la recherche des *homologies* », — et c'est là, à notre sens, une considération par trop négligée en zoologie comparée.

Ce point de départ nous conduit à constater que la fixation des muscles extrinsèques sur les colonnes locomotrices assimile l'angle scapulo-huméral à l'angle fémoro-tibial, ce qui est tout à fait conforme aux relations que nous avons proposées en 1893. Les correspondances ostéologiques qui en dérivent sont inscrites dans le tableau synoptique ci-dessous.

Principales correspondances squelettiques dans les membres.

Membres antérieurs.		Membres postérieurs.	
1er levier	Phalanges et grand sésamoïdes.	1er levier	Phalanges et grands sésamoïdes.
2e levier	Métacarpe. Carpe. Radius et cubitus.	2e levier	Métatarse. Rangée inférieure du tarse. Astragale et calcanéum.
3e levier	Humérus avec sa coulisse bicipitale.	3e levier	: Tibia avec la rotule.
4e levier	Omoplate avec l'apophyse coracoïde.	4e levier	Fémur avec la saillie de la poulie rotulienne.

L'ensemble de l'appareil locomoteur des animaux simule ainsi, d'une façon bien suggestive, les agencements des machines locomotrices ordinaires. Les membres et leurs muscles intrinsèques interviennent à la façon des rayons de roues déjantées, qui arriveraient au sol par leur bout excentrique, le concentrique progressant, sous l'action des muscles ischio-tibiaux et pectoraux, comparable à celle des bielles des locomotives [1].

1. Dans le vol, qui n'est qu'une progression effectuée à l'aide des membres antérieurs, le faible volume relatif des muscles intrinsèques des ailes dépend de ce que leur concours à l'amortissement des réactions est moins actif. Les pectoraux, agents essentiels, offrent un volume presque invraisemblable.

Quand on suit les membres dans leurs changements d'appuis, le fonctionnement des leviers osseux ne fait que confirmer les assimilations dont il s'agit.

L'extrémité distale de l'omoplate tirée en avant par le mastoïdo-huméral décrit un arc de cercle. Ce mode de déplacement est aussi celui du fémur soumis à l'influence des psoas et de leurs congénères.

Il survient synergiquement, de plus, une fermeture des angles scapulo-huméral et fémoro-tibial, et l'intervention du biceps ou de la corde fémoro-métatarsienne (fléchisseurs du métatarse) se trouve sollicitée passivement. Le dernier terme de ces connexions est le soulèvement du pied au début du soutien.

Pendant la fin de cette phase des mouvements, le membre se raidit; l'ouverture des articulations scapulo-humérale et fémoro-tibiale domine encore l'extension des rayons inférieurs.

M. Yves Delage — dans les numéros du 27 juillet et 5 août de la *Revue scientifique* — a magistralement traité la question des *homologies*. Depuis que le concept évolutionniste a pris une place prépondérante dans les sciences naturelles, les rapprochements de cette nature ne peuvent guère plus être conservés dans la dignité d'entités mystiques principielles, car les notions des Archétypes et des Prototypes, construits d'après des « plans préconçus », prises comme base des distinctions taxinomiques, sont désormais fortement ébranlées.

L'identité phylogénétique, quoique tombée de la haute considération due à des attributs irréductibles, n'en conserve pas moins une réelle valeur, mais c'est en tant qu'elle inscrit des ressemblances ontogénétiques conformes à celles des stades paléontologiques, le tout établissant une grande probabilité de communauté d'origine ancestrale. Pour beaucoup — M. Y. Delage, entre autres — on ne serait nullement autorisé à sortir de ces limites, car « lorsque le critérium cesse d'être directement ou indirectement phylogénétique, il cesse d'être concret ».

A telle enseigne, les données fournies par la zootomie seraient sujettes à caution, ne pourraient être acceptées que sous les plus grandes réserves. Dans les comparaisons portant sur les régions supra-carpiennes et supra-tarsiennes l'intransigeance ne serait par suite nullement justifiée, la paléontologie restant muette et les renseignements que l'on a voulu tirer de l'embryologie ayant finale-

ment été controuvés. En arguant de l'anatomie comparée, on ne peut pas du reste oublier que les spécialistes n'ont pas encore pu s'entendre sur les bases les plus fondamentales, la torsion ou non-torsion de l'humérus par exemple.

Au surplus, l'homologation des pièces de la ceinture thoracique et des coxaux n'entre pas non plus, il s'en faut de beaucoup, dans un domaine d'évidence qui puisse écarter toute arrière-pensée. Il semble plutôt que ce qu'on a indiqué sous ce rapport ne peut guère satisfaire que des esprits prévenus, croyant à la nécessité d'établir des assimilations envers et contre tout.

D'aucune façon nous ne voulons soutenir la prétention, ridicule de notre part, de nous ériger en arbitre dans ces matières. Notre but est beaucoup plus modeste, il tend à mettre en relief des similitudes dont nous continuons à affirmer le haut intérêt dans l'interprétation des formes zoologiques et zootechniques — et que les récents travaux de zoologie comparée n'arrivent nullement à infirmer. Si, tous comptes faits, on ne voulait voir là que les *analogies* de la classification de R. Owen, nous n'aurions nullement l'intention de protester.

Parmi les conséquences les plus suggestives, nous invoquerons ce qui a trait aux équidés. En même temps que la solipédation ou unidigitation, comme on voudra, s'est manifestée aux époques paléontologiques, l'allongement des canons (métacarpe et métatarse) est arrivée à simuler des sortes d'échasses destinées à augmenter l'étendue des enjambées. Or, n'est-il pas digne d'être noté que la nature de cette adaptation élémentaire a été méconnue par les hippologues, lesquels professent encore que la poursuite de la vitesse comprend l'allongement des rayons supérieurs des membres — principalement le scapulum et le fémur?

De même, nous sommes arrivés à faire comprendre le sens exact de l'étirement ou du raccourcissement de l'avant-bras. Pendant les changements d'appuis, le pied antérieur a quelques difficultés à laisser le champ libre au pied postérieur, spécialement au trot, mais aussi au pas. Or, précisément, les modifications des rapports réciproques des avant-bras et des canons ont pour but d'offrir de meilleures conditions à cet égard, et par conséquent de permettre la régularité du trot allongé. A côté de cela, l'allongement des canons ne saurait être en lui-même une cause de diminution de la vitesse, puisque c'est pour une raison

inverse que ce genre de mutation est apparu aux époques géologiques[1].

Le redressement de l'ilium, qui rompt si malencontreusement la ligne de transmission des efforts des membres postérieurs, obéit, lui aussi, à des subordinations que nos correspondances rendent fort claires. Il s'agissait d'obtenir, pour les psoas (grand psoas, iliaque) et l'ilio-aponévrotique, dont l'action est similaire de celle du mastoïdo-huméral, un point d'appui permettant le soulèvement du membre en masse, c'est-à-dire de rappeler ce qui existe pour la tige cervicale.

En face de la tendance à la soudure des os tarsiens sous l'influence de l'entraînement intensif, on a, d'autre part, récemment émis la crainte d'aboutir à la suppression de ce centre d'amortissements des réactions, considéré comme une condition *sine qua non* de la persistance des équidés. Cette manière de voir a dû la fortune dont elle a joui à ce que la prédominance du jarret dans l'amortissement a constamment été présentée comme un des axiomes les plus indiscutables de l'hippologie[2].

On ne peut attribuer l'erreur où l'on est ainsi entré qu'à une réminiscence des idées créationnistes, à la supposition gratuite que l'édification organique a été, dès le début des choses, adéquate au rôle que les organes ont eu à remplir, dans les milieux où les êtres se perpétuent. En fait, on croit plutôt aujourd'hui à des modifications progressives des milieux géologiques, et on arrivera certainement aussi à reconnaître que les membres accomplissent leur rôle de support, d'absorption des effets de la gravitation sur le corps, en opposant la rigidité de leur axe général — allant du pied à l'attache au tronc. Les leviers des diverses jointures doivent, pour que l'équilibre soit ainsi réalisé, apporter un concours proportionnel à leurs inclinaisons réciproques.

Dans nos appréciations, les angles de la partie supérieure des membres — ou si l'on préfère leurs muscles extenseurs — seraient les centres par excellence de la fonction envisagée. La complexité

1. Ceci pourrait être rejeté par les adversaires de la théorie évolutionniste, aussi est-il utile d'ajouter que les mensurations concernant les races de chevaux donnent des résultats analogues : le pur-sang anglais se fait remarquer par l'allongement de ses canons.

2. On aurait tout de suite pu et même dû considérer que la complexité anatomique, sur laquelle cette notion est étayée, existe dans le carpe de l'homme, en dehors évidemment du rôle invoqué.

anatomique du tarse apparaitrait dès lors comme le reliquat de l'évolution paléontologique, des circonstances où les mouvements latéraux du pied étaient indispensables. A l'opposé des vues admises, nous arrivons donc à concevoir que dans l'état actuel de l'utilisation du cheval, la soudure des pièces constitutives du jarret serait tout ce qu'il y a de plus désirable, éliminerait une cause de faiblesse contre laquelle on a malheureusement trop souvent à entreprendre une lutte décourageante[1].

*
* *

Les hypothèses qui ont en but d'interpréter les phénomènes de la locomotion ne peuvent, cela va de soi, marcher à l'encontre des faits acquis.

En premier lieu, elles doivent donc tabler sur ce que, aux allures ordinaires, « le garrot du cheval ne s'élève pas au-dessus de la taille prise au repos », quelles que soient la rapidité ou la lenteur de la progression. Ce point est définitivement établi depuis que les attitudes propres aux diverses phases d'exécution des mouvements ont pu être inscrites dans les photographies sériées.

On déduit de là que la théorie de « l'arc puissant » de Prince n'est pas recevable dans les conditions ordinaires, quand il s'agit des déplacements où il existe une subordination directe et constante de l'impulsion communiquée à la masse et de la gravitation qui la sollicite. Autrement la pesanteur n'opérant qu'à longue échéance, pour ramener progressivement la trajectoire suivie par le corps vers l'horizontale, des déplacements en hauteur devraient se manifester.

Ceci est particulièrement saisissable en ce qui a trait à l'intervention des membres postérieurs au galop. A cette allure, l'arrivée à l'appui des membres antérieurs serait impossible si la détente dans le train postérieur arrivait à soulever le corps.

Les mêmes arguments sont applicables à la théorie d'après laquelle l'action suivant le grand axe des membres présiderait

1. C'est aussi à tort que, dans le même ordre d'idées, on a cru voir le train antérieur particulièrement bien organisé pour la fonction d'amortissement. Suivant nous les angles très accusés des membres pelviens se prêtent au contraire beaucoup mieux à ce rôle. D'ailleurs les graphiques de J. M. Marey prouvent la prédominance de la pression des pieds postérieurs sur le sol, pendant les mouvements progressifs principalement aux allures vives.

essentiellement à l'impulsion. C'est, il est vrai, pendant la phase de projection ou de suspension que le corps s'élève le plus, au trot ou au galop, mais il faut constater que ce n'est que dans des proportions extrêmement faibles. Du resté, les membres postérieurs poursuivent leur rôle sans que ni le soulèvement du corps, ni même celui de la croupe soient constatés.

Le faible déplacement vertical qui s'observe pendant la projection paraît dériver des grands dentelés.

Dans les déductions tirées de ces analyses, nous ne voulons toutefois pas qu'on puisse aller au delà de notre pensée. En pre-

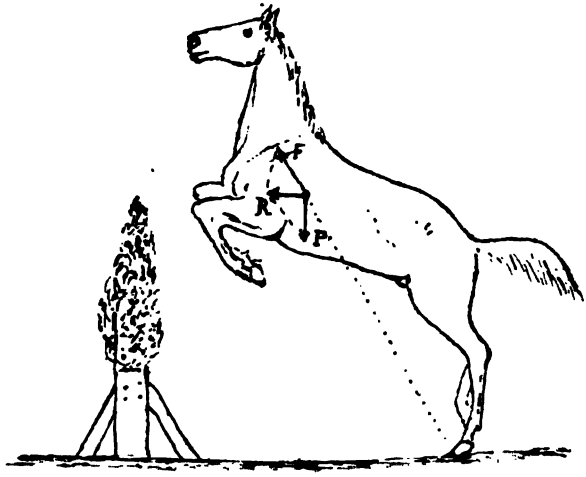


Fig. 3.

mier lieu il ne semble pas, par exemple, que la détente dans le sens du grand axe des membres doive être complètement rejetée.

Quand la direction générale du membre a dépassé la verticale, le raidissement synergique des divers angles, combiné avec l'action de la pesanteur, peut offrir une certaine puissance impulsive. Néanmoins, comme le font comprendre les figures 1 et 2 précédemment insérées, la tendance au mouvement dont il s'agit n'a jamais qu'une valeur assez limitée.

Cette réserve n'est même pas suffisante, car la théorie dite de « l'arc puissant » peut seule expliquer quelques formes de translation. Le saut et le déplacement des véhicules pesants, dans les côtes, entrent nettement dans cette catégorie d'exceptions.

La trajectoire oblique de bas en haut, et d'arrière en avant, sui-

vant laquelle la masse est projetée dans le saut, ne se peut obtenir que par l'action combinée des extenseurs des membres postérieurs, de la croupe et de la ligne dorso-lombaire. La figure 3 inscrit ce qui se passe : la force F — la détente suivant la corde de l'arc puissant — se combine avec P — l'influence de la gravitation sur la masse du corps — pour donner la résultante R.

Mais P n'ayant pas une valeur suffisante, F n'est absorbée que par fraction et on se trouve dans les relations dont dérive le mouvement parabolique des projectiles. C'est justement ce qui s'inscrit dans les photographies sériées.

A notre sens, c'est encore dans cette forme de combinaison des forces qu'il faut placer les efforts intenses de tirage. L'éloignement des membres antérieurs de l'effet de support, par la flexion de leurs angles articulaires, ne peut s'expliquer autrement. Il y a seulement en cette circonstance que F reste à chaque instant subordonnée à P.

En démontrant que la traction doit s'opérer sur une ligne horizontale (numéro de janvier-février 1893), nous avons levé l'objection faite à Prince père. L'éclaircissement de ce point montre en effet pourquoi, en baissant les traits pour les rapprocher de la corde de l'arc puissant, les résultats n'ont pas été ce qu'on avait cru de prime abord.

Pour faciliter l'intelligence de ceci, il est aussi indispensable de rappeler qu'il est inexact de regarder le galop comme une succession de sauts, erreur commise par la plupart des auteurs. Le temps de *suspension* ou, si l'on préfère, de *projection* se montre après l'appui des membres antérieurs, au galop, tandis que l'enlèvement du saut succède toujours à la détente des membres abdominaux.

Dans les membres antérieurs, les muscles sus- et sous-épineux, dont l'effort est complété par le sterno-trochinien et le sterno-préscapulaire, maintiennent l'articulation scapulo-humérale, pendant que les extenseurs de l'avant-bras agissent sur l'angle du coude. Le soulèvement du tronc par la contractien du grand dentelé, au galop et au trot, ne saurait d'aucune façon être invraisemblable.

Les forces qui produisent le reculer ne peuvent guère s'éloigner de celles qu'on voit agir à la fin de l'impulsion. L'intervention des ischio-tibiaux et des pectoraux doit évidemment rester limitée

au soutènement, au maintien de la tonicité dans l'axe dorso-lombaire.

Il est d'ailleurs reconnu que les mouvements régressifs sont difficiles et ne se peuvent longtemps continuer. Les muscles qui y concourent, d'après ce qui précède, ont des facultés restreintes, ce qui explique l'apparition rapide de la fatigue, par un véritable surmenage.

L'ANGLE SACRO-PELVIEN

Par P. LE DAMANY
Professeur à l'École de médecine de Rennes.

Sous ce nom nouveau, forcément un peu vague pour rester court et pour convenir à des dispositions anatomiques diverses, nous désignons l'angle que forme, dans le plan médian du corps, la face ventrale du sacrum avec l'anneau pelvien. Afin de faciliter les mesures, cet anneau, chez les animaux supérieurs et chez l'homme, peut être théoriquement et géométriquement représenté par le plan des deux lignes innominées iliaques, détroit supérieur du bassin humain. Sauf des cas exceptionnels, la direction générale de la colonne sacrée, si le sacrum n'est pas rectiligne, doit être pour nous celle de la première pièce.

L'étude de cet angle dans la série animale (fig. 1) nous montre que, primitivement, chez les vertébrés terrestres, la ceinture pelvienne forme un anneau perpendiculaire à la colonne vertébrale. Cette disposition persiste chez la plupart des reptiles. Chez les chéloniens, quelques sauriens et quelques batraciens urodèles, l'anneau s'incline vers l'extrémité céphalique, l'angle sacro-pelvien devient obtus. Chez les batraciens anoures, les oiseaux et les mammifères, l'anneau a obliqué vers l'extrémité caudale, l'angle sacro-pelvien est aigu.

Chez tous, sa valeur est fixe aux diverses périodes de l'existence, et la conformation du bassin reste la même du commencement à la fin de la vie. Chez tous, le sacrum, dès qu'il est suffisamment différencié pour présenter à nos yeux une forme nette, garde cette forme jusqu'à son complet développement. Il en est de même pour les os iliaques. Les seuls changements concernent les dimensions, ou sont des modifications de détails.

Nous envisagerons plus spécialement les mammifères : ils sont plus voisins de nous, et notre but est l'anatomie humaine.

Leur angle sacro-pelvien est sensiblement le même pour tous. Les différences, d'une espèce à l'autre, ne sont guère supérieures à celles qu'on peut trouver entre les divers individus d'une même espèce. Nous pouvons donc, pour tous ces vertébrés supérieurs, déduire de mensurations nombreuses un chiffre moyen. Ce nombre représentera la valeur-type de l'angle sacro-pelvien chez les mammifères. Elle est identique à celle de l'angle sacro-pelvien initial de l'embryon humain.

Mais dans le bassin humain, au cours du développement, et contrairement à ce qui a lieu chez les animaux, l'angle sacro-

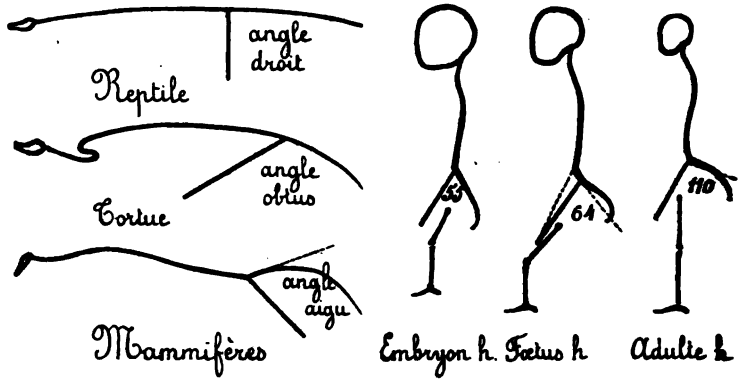


Fig. 1. — Schématique. Évolution de l'angle sacro-pelvien dans la série animale et chez l'homme.

pelvien subit un accroissement considérable. Cet agrandissement, commencé pendant la vie fœtale, sous l'influence des difficultés que le fœtus rencontre pour s'accommoder à la cavité utérine maternelle, se continue après la naissance, par l'effet du redressement actif du tronc indispensable pour la station debout.

Ces changements dans la valeur de l'angle sacro-pelvien sont considérables. Quoiqu'ils soient très différents d'un bassin à l'autre, ils permettent néanmoins de reconnaître, en dehors des variations individuelles :

1° L'influence de l'âge;

2° Chez les adultes, l'influence de la race et, dans chaque race, celle du sexe. L'angle grandit avec l'élévation anthropologique et est toujours plus ouvert dans le sexe féminin;

3° Les altérations énormes, par excès ou insuffisance de

grandeur, que peuvent produire l'état pathologique et les anomalies anatomiques.

I

L'ANGLE SACRO-PELVIEN DANS LA SÉRIE DES VERTÉBRÉS

La conformation générale du bassin diffère énormément d'un ordre à l'autre, des reptiles aux oiseaux, par exemple. Il est impossible de trouver des repères qui soient reconnaissables du haut en bas de l'échelle. Toute tentative de mesure précise, faite en vue d'une comparaison entre les diverses branches de la grande classe des vertébrés, serait illusoire. Seule une appréciation grossière, par le simple regard, peut fournir des données utilisables.

Chez les poissons, le squelette est extrêmement différencié de la segmentation métamérique primitive, et, en même temps, de l'ossature des animaux terrestre; les membres et les ceintures qui les portent ont des conformations tout à fait spéciales. Aussi est-il impossible de faire aucune comparaison entre, d'une part, les pièces osseuses souvent flottantes qui portent les membres abdominaux de ces animaux et, d'autre part, la ceinture pelvienne des vertébrés terrestres.

A. — L'ANGLE SACRO-PELVIEN CHEZ LES REPTILES.

La ceinture pelvienne des reptiles présente, pensons-nous, la forme la plus voisine de la disposition primitive. Sa direction est intermédiaire entre l'obliquité en avant, si prononcée chez les chéloniens, et l'obliquité en arrière, commune aux oiseaux et aux mammifères (fig. 1).

L'anneau que forme cette ceinture osseuse est à peu près perpendiculaire à la direction générale du sacrum (fig. 2). Le sacrum lui-même est dans le prolongement des vertèbres lombaires, et les vertèbres caudales le prolongent sans changement de direction : la colonne vertébrale, d'une extrémité à l'autre, est rectiligne. L'angle sacro-pelvien des reptiles est donc sensiblement égal à un angle droit. Cette règle présente des exceptions. Ainsi, chez le trachysaure du Japon, tout le bassin s'incline vers l'extrémité céphalique,

comme chez les chéloniens. Chez le varan, cette obliquité est également très marquée. On pourrait citer plusieurs autres exemples analogues, mais l'angle droit reste néanmoins une règle générale, une disposition habituelle.

La raison pour laquelle cette orientation existe doit être, selon nous, la conservation, par hérédité, des formes ancestrales. La disposition des côtes et de la ceinture pelvienne en anneaux perpendiculaires à la colonne vertébrale reproduit la division métamérique du tronc en disques superposés. C'est aux métamères primitifs

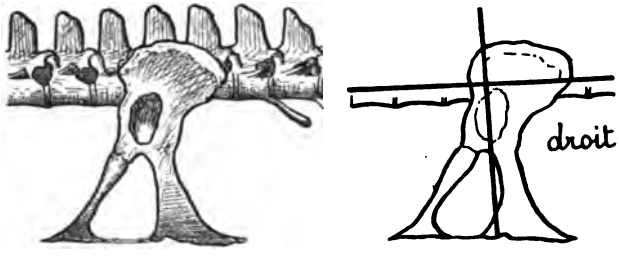


Fig. 2. — Chez les reptiles en général, l'anneau pelvien est perpendiculaire à la ligne droite que forme la colonne vertébrale. L'angle sacro-pelvien égale un angle droit (Crocodilien).

que nous devons comparer cette segmentation annulaire du squelette Elle est la plus simple, la nature devait donc y recourir tout d'abord.

B. — L'angle sacro-pelvien chez les chéloniens.

L'anneau pelvien de ces animaux forme en avant une large et longue gouttière percée de deux vastes trous qui correspondent aux trous obturateurs. Les pubis envoient des processus très étendus vers l'extrémité céphalique, dans la paroi ventrale. Même en éliminant, autant qu'il est utile, la déformation produite par ces processus antérieurs des pubis, l'anneau pelvien garde une direction oblique en avant, autrement dit, vers l'extrémité céphalique.

La colonne vertébrale des tortues a une direction générale rectiligne, ou bien décrit une courbure régulière de grand rayon. Avec une ligne droite tangente à cette courbe au point d'articulation des deux iliums, la ceinture pelvienne forme vers l'extrémité céphalique un angle aigu, vers l'extrémité caudale un angle obtus qui est l'angle sacro-pelvien (fig. 3).

Il y a donc ici une différenciation très nette. La disposition primordiale observée chez les reptiles ne se retrouve plus. A quoi est dû ce changement? Les raisons des transformations sont fré-

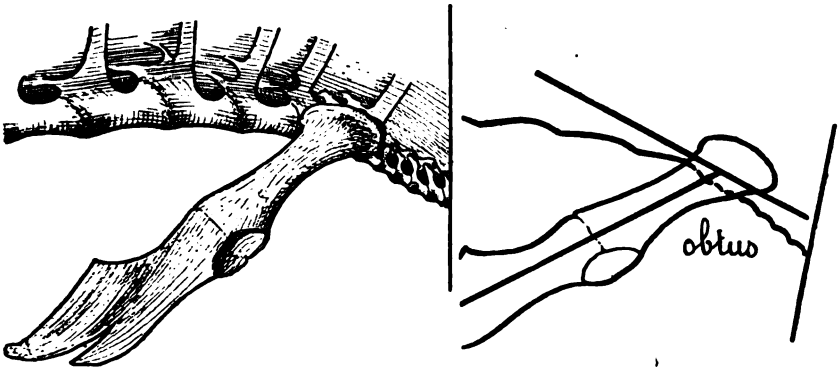


Fig. 3. — L'angle sacro-pelvien des chéloniens est obtus.

quemment bien obscures et nos explications ne sont ici que de simples hypothèses. Cette inclinaison du bassin en avant peut avoir ses raisons d'être dans les pesées du corps et surtout dans les

Fig. 4. — Dans la marche des chéloniens, les membres postérieurs poussent sur le bassin d'arrière en avant.

poussées d'arrière en avant exercées par les membres postérieurs sur le corps lourd et presque rampant de ces animaux (fig. 4).

La ceinture pelvienne doit remplir deux rôles : 1° Transmettre aux membres postérieurs le poids du corps et, réciproquement,

transmettre au corps les poussées des membres postérieurs. 2° Permettre le passage de l'œuf, dans la ponte. A ce deuxième point de vue, l'obliquité en avant de la ceinture pelvienne est défectueuse, mais la largeur de l'anneau, même diminuée par l'obliquité, reste encore de beaucoup supérieure au diamètre de l'œuf. Ce défaut est donc purement théorique.

C. — L'ANGLE SACRO-PELVIEN CHEZ LES BATRACIENS.

URODÈLES. — D'après les échantillons que nous avons eus entre les mains, les batraciens urodèles sont, quant à la forme générale de leur squelette, conformés absolument comme les sauriens. Il est bien entendu que cette affirmation s'applique uniquement aux rapports de la ceinture pelvienne avec la colonne vertébrale, et non à d'autres particularités, d'une haute importance, sans doute,

AXOLOTL GRENOUILLE

Fig. 5. — L'angle sacro-pelvien chez les batraciens urodèles (Axolotl) et anoures (Grenouille)

mais de nul effet sur la conformation générale du squelette pelvien (fig. 5).

ANOURES. — Chez eux la différence est énorme, et nous trouvons, poussée à son plus haut degré, la disposition commune aux mammifères et aux oiseaux. La ceinture pelvienne de ces batraciens s'est simplifiée au point de devenir véritablement annulaire. Mais elle s'est énormément inclinée en arrière (fig. 5), si bien qu'elle se trouve à peu près dans le prolongement de la colonne vertébrale. L'anneau pelvien, de vertical qu'il était primitivement, est devenu presque horizontal.

Les causes de cette obliquité, nous le supposons du moins, sont les mêmes que chez les animaux supérieurs. Les pesées du corps sur les membres postérieurs et les poussées des membres postérieurs sur le bassin doivent nous en donner la clef. De leur direction résulte rationnellement l'inclinaison de l'anneau pelvien. Quoi qu'il en soit, la disposition anatomique est extrêmement nette.

Son existence est indiscutable, et très remarquable est la différence entre le bassin des batraciens urodèles et celui des batraciens anoures (fig. 5).

D. — L'ANGLE SACRO-PELVIEN CHEZ LES OISEAUX.

Dans l'exposé précédent nous avons parlé de direction perpendiculaire, d'obliquité vers l'extrémité céphalique et vers l'extrémité caudale, mais nulle part nous n'avons donné de mesures. Nous avons indiqué la raison de cette abstention. L'œil a été notre seul guide, mais les différences sont tellement grandes et nettes que

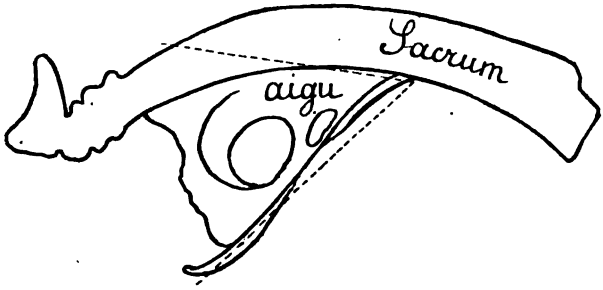


Fig. 6. — L'angle sacro-pelvien des oiseaux. Coupe médiane d'un bassin.

nous n'avons aucun doute sur leur valeur et leur signification, à plus forte raison sur leur existence.

Chez les oiseaux, nous rencontrons une double difficulté. La première est la différence de hauteur considérable qui existe entre l'articulation sacro-vertébrale et ce qu'on appelle, en obstétrique humaine, le détroit supérieur du bassin, déterminé par les deux lignes innominées iliaques. Où placerons-nous le sommet de l'angle sacro-pelvien? Sera-ce au point où les deux lignes innominées prolongées, viennent couper la ligne médiane sur la face antérieure du sacrum? Sera-ce au niveau de l'articulation sacro-vertébrale? Le premier de ces deux repères nous paraît préférable, pour les oiseaux comme pour les mammifères, contrairement à ce que nous verrons chez l'homme (fig. 6).

La seconde difficulté est que la symphyse pubienne manque dans cette classe d'animaux ; leur bassin est ouvert dans la partie ventrale de son pourtour. Cette particularité n'est pas un obstacle insurmontable aux mesures, et il nous est facile de nous figurer par

la pensée une ligne allant d'un pubis à l'autre en continuant la direction des lignes innominées iliaques. Puisque la symphyse pubienne n'existe pas chez l'oiseau, l'influence éventuelle de l'anneau osseux sur le passage de l'œuf doit être nulle, l'anneau étant ouvert.

Même ainsi compris, l'angle sacro-pelvien des oiseaux est très aigu. Dix-huit mensurations [1], assez grossières forcément, nous ont donné les chiffres suivants : Aigles : 45°. — 50°. Faisan : 50°. Paon : 42°. Héron : 45°. Grues : 45°. — 50°. Perroquets : 55°. — 50°. Vautour : 50°. — 45°. Coq : 50°. Poule 45°. Goura : 50°. Goëland : 45°. Ocydrome : 40°. Autruche : 45°. Casoar : 35°. Nous pouvons en déduire que la valeur moyenne de cet angle est de 45° (46°,5) chez les oiseaux (fig. 6).

E. — L'ANGLE SACRO-PELVIEN CHEZ LES MAMMIFÈRES.

Une approximation grossière suffit encore ici. Une appréciation absolument précise est impossible, même en limitant les recherches à une seule famille. Variations de forme de la symphyse pubienne, laquelle est tantôt large et tantôt étroite; absence ou présence de protubérances sur son bord antérieur; différences de forme du sacrum; variations de situation du point où les lignes innominées iliaques viennent aboutir, dans le plan médian, sur la face antérieure du sacrum, voilà les principaux obstacles à la précision des mesures.

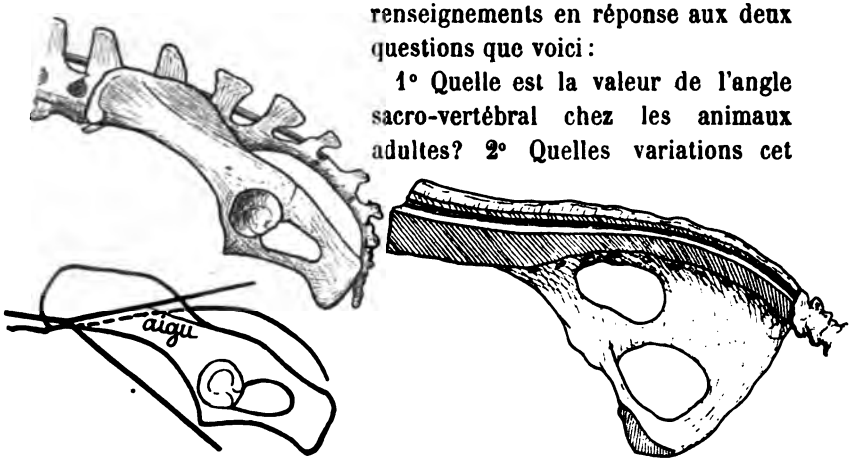
Chez certains mammifères, les deux lignes innominées s'arrêtent aux articulations sacro-iliaques. Le plan qu'elles déterminent va passer en haut à travers le sacrum, loin de l'articulation sacro-vertébrale. Faut-il, dans ces cas, prendre pour sommet de l'angle sacro-pelvien le disque sacro-vertébral? Évidemment non. Contrairement à ce que nous ferons chez l'homme, pour des raisons spéciales que nous exposerons, nous devons, comme pour les oiseaux, prolonger sur la face antérieure du sacrum les deux lignes innominées, et placer le sommet de l'angle au point où elles viennent couper le plan médian. Dans le squelette de certains animaux, tel le bradype tridactyle, il y a un ou plusieurs corps vertébraux sacrés entre ce

1. Ces mesures, comme la plus grande partie de celles du chapitre suivant, ont été prises dans les collections de la Faculté des Sciences de Rennes, avec l'autorisation bienveillante de M. Guitel, professeur de zoologie.

point et le disque sacro-vertébral. Aucune hésitation n'est possible (fig. 7).

Avec les restrictions déjà indiquées pour les oiseaux, nous pouvons prendre des mesures instrumentales sur les squelettes des mammifères. A quelques degrés près, elles seront exactes. Sans crainte d'erreur, nous en tirerons les conclusions qui nous intéresseront pour établir une comparaison avec l'espèce humaine. A ce point de vue, les mammifères nous procurent deux ordres de renseignements en réponse aux deux questions que voici :

1° Quelle est la valeur de l'angle sacro-vertébral chez les animaux adultes? 2° Quelles variations cet



CABIAI BRADYPE

Fig. 7. — Chez certains mammifères les lignes innominées iliaques aboutissent à l'articulation sacro-vertébrale (Cabiai). Chez d'autres (Bradype), elles en sont fort éloignées.

angle subit-il au cours du développement individuel? Pour cette deuxième question nous n'avons pu examiner qu'un petit nombre d'individus dans un petit nombre d'espèces. Mais les espèces obéissent à des lois générales, et, par les échantillons examinés, nous espérons arriver à connaître celle qui les régit sur ce point.

Animaux adultes. — L'un des côtés de l'angle sacro-pelvien va du bord antérieur de la symphyse pubienne au point où les deux lignes innominées prolongées se coupent sur la face antérieure du sacrum. L'autre côté part de ce dernier point et est déterminé par la face antérieure de la vertèbre sacrée sous-jacente. Ces deux lignes sont dans le plan médian.

Or, dans l'excavation pelvienne des femelles, le diamètre utile pour le passage du fœtus est, d'une manière générale, en rapport avec la grandeur de l'angle sacro-pelvien. Mais si nous appliquions

cette règle dans toute sa rigueur nous commettrions des erreurs d'interprétation. Chez la girafe, la première vertèbre sacrée forme avec la deuxième un angle rentrant ouvert en bas (fig. 8). L'angle sacro-pelvien est très grand, mais l'excavation n'est pas agrandie pour cela d'une manière bien sensible dans ses diamètres médians. En effet, la colonne sacrée, au-dessous de la première pièce sacrée, reprend son parallélisme avec la colonne lombaire. Cette disposition est essentiellement différente de celle que nous trouverons chez l'homme dont le sacrum décrit une courbe régulière. Chez la girafe aussi, comme chez beaucoup d'autres mammifères, l'angle

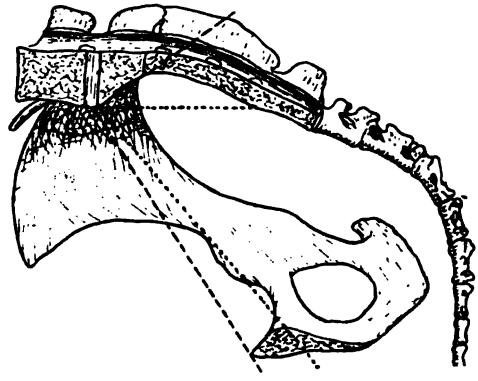


Fig. 8. — Coupe médiane du bassin d'une Girafe. Valeur brute et valeur rectifiée de l'angle sacro-pelvien.

sacro-pelvien est encore agrandi, sans utilité, par des protubérances pubiennes.

Primitivement, la colonne vertébrale était rectiligne, et l'anneau pelvien lui était perpendiculaire. Secondairement, en particulier chez les mammifères, se sont montrées les modifications suivantes : 1° L'angle sacro-vertébral, inconstant et variable. 2° L'inclinaison du bassin en arrière, d'où résulte la diminution de l'angle sacro-pelvien.

Nous expliquons cette inclinaison par les pesées du corps, transmises aux fémurs, et par les poussées des membres inférieurs mus par les contractions musculaires. Les forces auxquelles l'anneau pelvien est ainsi soumis doivent être en partie parallèles à l'axe mécanique du fémur. La partie supérieure de cet anneau étant fixe, il se fait un mouvement d'inclinaison d'avant en arrière, autour des articulations sacro-iliaques (fig. 9).

D'après nos 100 mensurations faites sur des animaux adultes ou, pour être plus véridique, sur leurs squelettes desséchés, nous avons obtenu un chiffre moyen très voisin de 55°. Cette grandeur de l'angle est la plus générale. On trouve, au-dessus, quelques chiffres voisins de 90°. Nous avons montré (girafe) qu'ils n'avaient pas de signification spéciale. Quelques animaux ont un angle sacro-pelvien extrêmement petit (loutre : 35°). Nous ne pouvons davantage en tenir compte. Particularités anatomiques d'importance secondaire et que le bon sens corrige; variations individuelles, parfois fort appréciables, autour du type idéal; erreurs de montage commises par les ouvriers; voilà trois causes d'erreurs à éliminer. La seule conclusion générale à tirer

MAMMIFÈRE OISEAU

Fig. 9. — Pour peu que les poussées sur le bassin s'exercent dans la direction de l'axe mécanique du fémur, il doit en résulter une inclinaison en arrière de cette ceinture, chez les mammifères et les oiseaux.

de nos mesures est celle-ci : D'ordinaire, l'angle sacro-pelvien des mammifères varie de 45° à 70°, sa valeur moyenne est de 55°.

TABLEAU I

L'angle sacro-pelvien des mammifères adultes.

Monotrèmes. — Echidnés : 60°. — 50°. Ornithorynque : 55°.

Marsupiaux. — Sarigue : 50°. Kanguroo : 50°. — 75°. Phascolome : 40°. Dasyure : 45°.

Edentés. — Aï : 60°. Bradype : 50°. Fourmilier 55°. Priodonte : 60°. Pangolin : 50°. Tatou : 50°. Cachicame 50°.

Ruminants. — Girafe : 90°. Chameau : 75°. Cerfs : 60°. — 60°. — 55°. — 60°. Cervidé : 80°. Monjac : 50°. Elan : 48°. Antilopes : 75°. — 70°. —

80°. Rennes : 70°. — 70°. — 72°. Chevreuil : 52°. Daim : 65°. Mouflon : 65°. Vaches : 70°. — 80°. — 52°. Gnu : 80°. Alpacas : 70°. — 65°. Vigogne : 65°. Chèvre : 50°. — 55°. Mouton : 50°. — 55°.

Solipèdes. — Cheval : 75°. Ane : 72°. Zèbre : 65°. — 63°.

Pachydermes. — Porc : 40°. Sangliers : 40°. — 55°. — 57°. Phacochère : 70°. Tapirs : 70°. — 60°. Hippopotame : 50°. Rhinocéros : 65°. — 65°.

Proboscidiens. — Eléphant jeune : 70°, vieux : 55°.

Amphibiens. — Phoque : 40°. Morses : 55°. — 50°. Otarie : 45°.

Carnivores. — Chats : 55°. — 60°. Blaireaux : 50°. — 45°. — 55°. Tigres : 50°. — 70°. — 70°. Lions : 80°. — 65°. — 45°. Panthère : 50°. Glouton : 35°. Genette : 45°. Loutre : 35°. Fouine : 40°. Renard : 50°. Ours : 60° — 72°.

Rongeurs. — Lapin : 50°. Ondatra : 35°. Paca : 50°. Cabiai : 55°. Castors : 45°. — 45°. Gerboise : 45°.

Primates. — Cheiromys : 60°. Galago : 40°. Chrysothrix : 45°. Sapajou :

Fig. 10. — Coupe médiane. Montre la similitude du bassin fœtal et du bassin adulte chez deux mammifères quadrupèdes pris au hasard. Pour faciliter la comparaison, on les a dessinés de même grandeur.

40°. Atèle : 55°. Cynocéphale : 40°. Maki : 35°. Semnopithèque : 65°. Gibbon : 45°. Platyrrhinien : 50°.

Tous ces angles additionnés donnent un total de 5683°. Le nombre des squelettes est de 100. La valeur moyenne de l'angle sacro-pelvien est donc de 56°,8. En tenant compte des saillies apophysaires si fréquentes au devant de la symphyse pubienne chez les animaux (fig. 8), on peut ramener ce chiffre à 55° sans crainte d'erreur.

Embryons et fœtus. — Les mensurations faites sur des embryons et des fœtus peu développés ou appartenant à des petites espèces sont sujettes à d'assez grandes erreurs, quelque soin qu'on y apporte. Ces erreurs peuvent atteindre une dizaine de degrés. Les différences entre, d'une part l'angle sacro-pelvien chez des embryons et fœtus d'une espèce donnée, et, d'autre part, ce même angle chez des adultes de la même espèce, n'auront de valeur que si elles dépassent 5° à 10°, et sont constantes dans des séries assez nombreuses pour permettre de supprimer l'influence

des écarts individuels. Si on élimine le léger agrandissement dû à l'exagération des saillies apophysaires chez les animaux adultes, on peut tirer de nos mesures la conclusion suivante :

La valeur de l'angle sacro-pelvien reste fixe pendant toute la vie des mammifères quadrupèdes. Elle est la même chez l'embryon, le fœtus et l'adulte (fig. 9).

TABLEAU II

Embryons et fœtus.	Animaux adultes.
Embryon de Dasypus : 40°.	Dasypus : 50°.
Cobayes, embryons : 45°. — 40°. — 40°. — 40°; nouveau-né : 40°. (Moyenne : 40°5).	Cobayes : 45°. — 40°. — 40°. (Moyenne : 41°).
Lapins, embryons de 19 jours : 55°. — 55°. — 55°. — 45°. — 55°. — 55°; nouveau-nés d'un jour : 50°. — 45°. — 60°. — 60°. — 45°. — 40°. — 45°. — 50°. — 45°. — 45°. — 45°. (Moyenne : 50°).	Lapins : 55°. — 55°. — 50°. - 50°. — 50°. — 55°. Moyenne : 52°.
Moutons, embryon de 21 centimètres : 50°; de 26 centimètres : 55°; près du terme : 50°. (Moyenne : 52°).	Moutons : 50°. — 55°. Moyenne : 53°.
Veau, embryon de 17 centimètres : 50°; de 4 mois : 57°. — 65°; de 6 mois : 60°. Moyenne : 61°.	Vaches : 70°. — 70°. Moyenne : 70°.

Anthropoïdes. — Nous faisons une catégorie spéciale pour les anthropoïdes, voisins de l'homme à tant de points de vue. Leur angle sacro-pelvien semble ébaucher déjà l'agrandissement qui deviendra si considérable chez l'homme.

Chimpanzés. — 65°. — 60°. — 55°. — 45°. — 70°. — 50°. — 50°. — 75°. — 50°. — 65°. — 70°. — 70°. — 55°. — 55°.

Moyenne : 60°, légèrement supérieure à celle des quadrupèdes.

Gorilles. — 65°. — 70°. — 65°. — 65°. — 50°. — 50°. — 60°. — 65°. — 60°. — 65°.

Moyenne : 61°.

Orangs-outans. — 70°. — 90°. — 70°. — 75°. — 70°. — 60°. — 75°. — 55°.

Moyenne : 70°, nettement supérieure à celle des mammifères moins élevés.

Conclusions. — 1° Chez les divers mammifères supérieurs, les anthropoïdes et l'homme exceptés, l'angle sacro-pelvien a une valeur moyenne de 55°. Les grands écarts sont plus apparents que réels.

2° — Dans une espèce donnée, les variations sont minimes d'un sujet à un autre, la valeur de l'angle peut être considérée comme remarquablement fixe.

3° — Chez un sujet donné, la valeur de l'angle sacro-pelvien reste sensiblement stationnaire aux différents âges, embryonnaire, fœtal et adulte.

II

L'ANGLE SACRO-PELVIEN DANS L'ESPÈCE HUMAINE

Nous avons insisté sur le peu de précision que les mensurations présentent chez les animaux et aussi sur le peu d'importance qu'il faut attacher aux différences observées d'un individu à un autre ou d'une espèce à une autre. Les squelettes examinés dans chaque espèce sont forcément très peu nombreux. Le plus souvent ils sont réduits à une unité; nous ne pouvons, par des moyennes extraites de mesures multiples, corriger les écarts individuels et avoir un chiffre-type pour chaque espèce.

Dans l'espèce humaine, il en est tout autrement. Des mesures à peu près exactes sont possibles, car les repères sont très semblables, les squelettes construits sur un même modèle. De plus, nous pouvons nous procurer pour chaque race, pour l'un et pour l'autre sexe de chacune, et pour les différents âges de la race blanche, un nombre d'échantillons suffisant pour l'établissement de moyennes très approchées.

Les causes d'erreurs sont au nombre de trois principales : 1° Celles que l'opérateur apporte. 2° Les écarts qui existent entre la forme idéale et chaque individu. 3° L'état imparfait de conservation et de montage des bassins examinés.

Pour corriger les premières nous avons besoin d'abord d'un petit apprentissage, puis de bons repères, et, en troisième lieu, d'un bon instrument. Pour supprimer les secondes il nous faut un très grand nombre de sujets. Les troisièmes sont atténuées en supprimant,

dans la mesure où nos connaissances anatomiques nous le permettent, les défauts de montage ou autres des bassins étudiés.

Le goniomètre sacro-pelvien. — Il est destiné à mesurer l'angle sacro-pelvien. Nous en avons deux modèles différents. L'un (fig. 11) permet de mesurer facilement et rapidement cet angle sur les squelettes d'adultes et sur les cadavres frais d'adultes et de grands enfants. L'autre est commode pour mesurer ce même angle sur

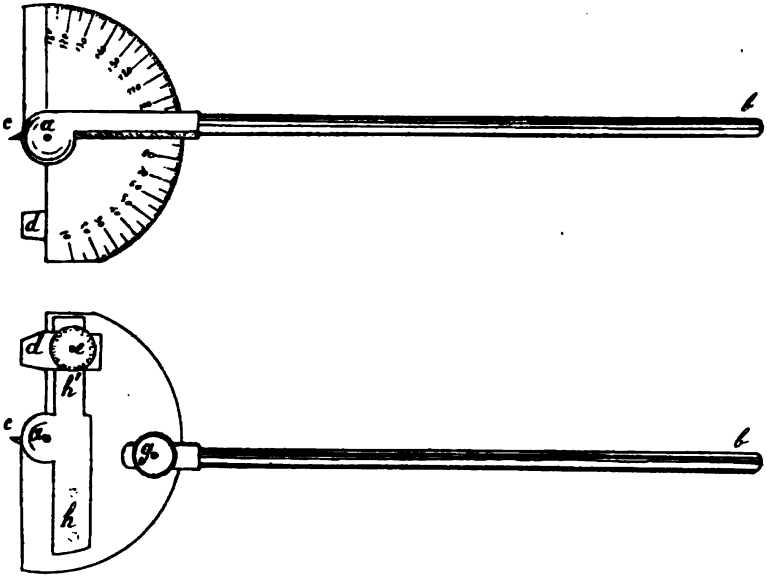


Fig. 11. — Le goniomètre sacro-pelvien (grand modèle) vu par ses deux faces (1/2 grandeur).

les embryons et les fœtus. Accessoirement, ils peuvent être utilisés pour mesurer le même angle sur les animaux.

L'angle sacro-pelvien, tel que nous l'étudions chez l'homme, est formé par deux lignes situées dans le plan médian. L'une va du bord antéro-supérieur de la symphyse pubienne au promontoire, l'autre est tangente, sur la ligne médiane, en haut, à l'angle sacro-vertébral (bord supérieur du corps de la première vertèbre sacrée), en bas au point de fusion des deux premières vertèbres sacrées. Sur le trajet de cette seconde ligne, les monteurs de squelettes placent fréquemment un fil de laiton ou un écrou servant à unir le sacrum aux vertèbres lombaires. Comme beaucoup de squelettes sont ainsi montés, il faut que l'instrument présente un espace libre où ce corps étranger puisse se loger.

L'appareil représenté par la figure 11 est très commode. Le long du 0° se déplace une chappe mobile (*d*) qui s'applique contre la ligne de fusion des deux premières vertèbres sacrées. La ligne 0°-180° de l'appareil sera parallèle à l'un des côtés de l'angle à mesurer, car le centre du rapporteur, ou plus exactement une petite pointe (*c*) adaptée au disque qui tourne autour de ce centre, sera placée au contact du promontoire; elle repose sur la face supérieure du premier corps vertébral sacré. La longue aiguille indicatrice (*a b*), dont cette pointe est la terminaison, suivra la ligne promonto-sus-pubienne, deuxième côté de l'angle à étudier. L'ensemble du dispositif opératoire est représenté dans la figure 12. Des vis de serrage (*e* et *g*) permettent d'immobiliser solidement les rapports des diverses parties de l'appareil et suppriment toute possibilité de dérangement durant le transport de l'instrument jusqu'à portée de l'œil. On a ainsi toute sécurité pour la lecture des mesures obtenues. Cette lecture se fait du côté où la tige indicatrice forme un biseau.

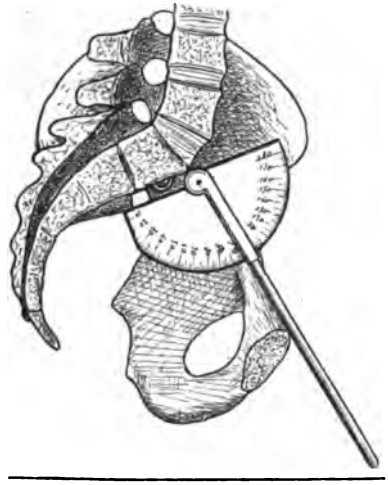


Fig. 12. — Comment on mesure l'angle sacro-pelvien humain.

Ce goniomètre permet de faire, avec simplicité, facilité et rapidité, des mensurations très nombreuses dans les collections anthropologiques.

Mais il est trop grand pour les recherches à faire sur les bassins de fœtus et d'embryons humains. Pour ces squelettes, nous utilisons un instrument plus petit, dont le principe est le même, mais que nous pouvons introduire dans des cavités pelviennes très étroites. C'est une sorte de petit compas, à branches très inégales (fig. 13). La plus grande suit la ligne promonto-sus-pubienne, la plus courte est parallèle à la face antérieure de la première pièce sacrée. La petite chappe mobile est placée sur la ligne d'union des deux premières vertèbres sacrées. L'instrument est ensuite transporté sur un rapporteur, son axe coïncidant avec le centre. La

branche courte est placée sur le 0°; l'autre donne la mesure de l'angle (fig. 13).

Ces instruments ne sont pas applicables aux plus petites espèces animales ni aux très petits embryons humains. Un seul procédé leur convient : il consiste à faire une coupe médiane de la pièce à l'état frais, puis à marquer par transparence, sur une lame de verre, les trois points nécessaires pour déterminer l'angle à mesurer. La lame de verre étant ensuite portée sur un rapporteur, la lecture de l'angle se fait facilement.

Repères. — Il n'est pas facile d'en choisir qui soient à l'abri de tout reproche. Etant donnée la nature des renseignements désirés,

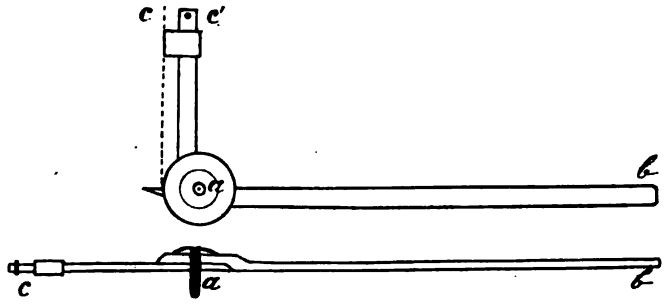


Fig. 13. — Le petit goniomètre sacro-pelvien (grandeur nature).

c'est-à-dire tout particulièrement les changements de forme et de situation du sacrum et leur influence sur la valeur de l'angle sacro-pelvien, nous devons placer le sommet de notre angle au promontoire même. Pourtant ce point, nous le savons, ne correspond presque jamais au plan déterminé par les deux lignes innominées. Ordinairement, il est situé plus haut. Le détroit supérieur, prolongé en arrière, vient passer, chez le fœtus à terme, entre la première vertèbre sacrée et la deuxième. Mais au milieu de la vie fœtale il passe plus haut, presque à mi-hauteur du premier corps sacré. Après la naissance, le détroit supérieur remonte de nouveau. Finalement il arrivera plus haut que primitivement et se rapprochera du promontoire, mais sans l'atteindre.

De ces déplacements réciproques des lignes innominées et du promontoire résultent des variations assez grandes : elles obligeraient à préciser un point spécial pour chaque sujet, si on voulait amener le sommet de l'angle sacro-pelvien exactement dans le plan des deux lignes innominées. Comme ces deux lignes sont mousses,

assez vagues, gauches (non planes), le choix de ce point se ferait au jugé, varierait d'un expérimentateur à l'autre et même, pour chaque expérimentateur, d'un sujet à l'autre. A cause de ces divers motifs, il vaut mieux, du moins dans l'étude de l'homme, laisser toujours le sommet de l'angle sacro-pelvien au point de section du plan médian, de la face supérieure et de la face antérieure du sacrum. C'est là, du reste, qu'il faut le mettre pour avoir une idée exacte des mouvements de bascule et des incurvations du sacrum au cours du développement individuel. Ce qui nous intéresse, ce n'est pas, à proprement parler, la valeur absolue de l'angle sacro-pelvien, ni les diverses variantes individuelles. Nous voulons surtout mettre en évidence, suivant l'âge, la race et le sexe, les variations de cet angle mesuré à l'aide de repères d'une fixité maxima, et les conclusions ressortant de ces variations.

L'intérêt de cet angle est grand en anthropogénie et en anatomie comparée. Il n'est pas moindre en obstétrique. A l'agrandissement du diamètre antéro-postérieur de l'excavation pelvienne au niveau de ce que les accoucheurs ont appelé le détroit moyen est due, pour l'espèce humaine, la possibilité de l'accouchement. Cet agrandissement est produit par l'augmentation d'ouverture de l'angle sacro-pelvien. L'origine de cet agrandissement, pour chaque individu, comprend deux causes qui sont : 1° L'excès de flexion des membres inférieurs pour l'adaptation du fœtus à l'ovoïde utérin. 2° Après la naissance, les contractions des muscles sacro-lombaires, redressant le tronc en vue de la station debout. Pour arriver à une démonstration de ce double mécanisme il faut étudier successivement la valeur de cet angle :

A. Dans la race blanche :

1° Chez l'embryon et le fœtus non à terme;

2° Chez le fœtus à terme et chez le nouveau-né;

3° Chez l'enfant aux différents âges;

4° Chez l'homme adulte;

5° Chez la femme adulte.

B. Dans les deux sexes des diverses races humaines.

Il eût été bon, évidemment, de faire dans toutes les races humaines les recherches complètes que nous avons ébauchées pour la race blanche. Mais nous sommes dans l'impossibilité, on le comprendra facilement, d'entreprendre un pareil travail.

Nos mesures, destinées à comparer l'angle sacro-pelvien de

l'embryon à celui du fœtus, puis de l'enfant, puis encore de l'adulte, homme ou femme, ont toutes été exécutées sur des sujets frais de race blanche. Pour les jeunes sujets, la non-dessication des pièces est extrêmement importante. Nous n'avons voulu prendre aucune mesure sur les squelettes secs d'enfants qu'on trouve en si grand nombre dans certaines collections; nous avons ainsi évité de grosses erreurs.

Les comparaisons entre les diverses races sont faites d'après les squelettes des collections anthropologiques et anatomiques. Il eût été préférable de les faire d'après des sujets frais, mais il y avait encore à cela une impossibilité absolue.

A. — L'ANGLE SACRO-PELVIEN CHEZ L'EMBRYON HUMAIN.

D'après les mesures que nous avons prises sur 6 embryons humains âgés de cinq mois au plus, la valeur initiale de l'angle sacro-pelvien est de 55° dans l'espèce humaine. Ce chiffre, on le voit, est très sensiblement le même que celui des mammifères quadrupèdes. Il doit représenter la conformation primitive, et nous avons le droit de nous demander pourquoi cet angle se modifie chez l'homme tandis qu'il reste sensiblement fixe chez les animaux.

Remarquons en passant que la colonne sacro-coccygienne de l'embryon humain est presque rectiligne dans ses trois quarts supérieurs et que, dans son quart inférieur seulement, il se recourbe en avant. Sauf la concavité coccygienne, absente ou minime chez les mammifères à queue, la forme de cette région vertébrale est très analogue, sur une coupe médiane, chez l'embryon humain, à ce qu'elle est chez les animaux.

L'angle sacro-pelvien de l'embryon humain, égal à 55°, est inférieur à l'angle correspondant de certains anthropoïdes. On ne peut donc même pas dire que le bassin de l'homme présente, à ce moment et à ce point de vue, une disposition simienne. Il faut descendre plus bas, jusqu'aux quadrumanes inférieurs et aux quadrupèdes, pour retrouver, mais persistant toute la vie, cette conformation initiale, transitoire chez nous.

Il est encore un autre caractère que nous relevons dans ces angles, c'est leur égalité d'un sujet à l'autre. Nous devons la comparer à l'uniformité de cet angle chez les animaux, et l'opposer à

son extrême variabilité chez l'homme adulte. Voici les chiffres que nous avons obtenus :

Embryons âgés de moins de 6 mois.

Embryon de 17 cm. : 60°. Embryon de 18 cm. : 50°. Embryon de 4 mois : 55°. Embryon de 21 cm. : 55°. Embryon de 21 cm. : 55°. Embryon de 22 cm. : 55°.

Moyenne : 55°.

B. — L'ANGLE SACRO-PELVIEN CHEZ LE FŒTUS ET L'ENFANT NOUVEAU-NÉ.

Première phase de son accroissement.

Pendant la deuxième moitié de la vie intra-utérine, l'angle sacro-pelvien grandit. Pour quelle raison? Comme cet agrandissement continuera plus tard, on pourrait penser qu'il s'agit là d'un phénomène d'évolution s'accomplissant sous la seule influence, si souvent incontestable et toujours mystérieuse, de l'hérédité. Cette explication a une défectuosité bien grande : dans l'état actuel des sciences naturelles, elle est une renonciation à toute recherche, car nous n'avons pas la moindre idée de la nature intime des influences ancestrales. D'ailleurs, elle peut être remplacée par une explication simple, de compréhension facile, que corroborent les transformations du sacrum chez les sujets normaux et même ses déformations pathologiques.

Au cours du développement fœtal nous voyons l'angle sacro-pelvien de l'homme grandir peu à peu. Cette modification est mise en évidence par nos 45 mensurations faites sur des fœtus âgés de 5 à 9 mois et sur des nouveau-nés. Si chacun de nos chiffres, envisagé isolément, n'indique pas une progression mathématiquement régulière, cela tient à ce que chaque sujet peut s'écarter très notablement du type idéal. Ce type nous est indiqué par la moyenne extraite de mesures très nombreuses.

TABLEAU III.

L'ANGLE SACRO-PELVIEN PENDANT LA DEUXIÈME MOITIÉ DE LA VIE FŒTALE ET A LA NAISSANCE.

1° Fœtus de 6 à 8 mois.

Masculins. — 6 mois : 60°; 6 mois 1/2 : 55°; 7 mois : 51°; 7 mois 1/2 : 70°; 8 mois : 65°.

Féminins. — 6 mois : 70°; 6 mois 1/2 : 60°; 7 mois : 67°. — 67°. — 70°. — 67°. — 55°. 7 mois 1/2 : 60°; 8 mois : 70°. Nombre des sujets : 14. Total des degrés : 887°.

Moyenne : 63°

2° Fœtus de 8 à 9 mois et nouveau-nés de 0 à 30 jours.

Masculins. — Fœtus : 0.

Nouveau-nés : 70°. — 56°. — 66°. — 70°. — 57°. — 65°. — 74°. — 64°. 60°. — 58°. — 70°. — 50°. — 54°. — 60°. — 57°.

Enfants de 1 à 30 jours. — 3 jours : 73°; 7 jours : 68°; 11 jours : 77°; 15 jours : 50°; 19 jours : 77°; 30 jours : 62°; 1 mois : 61°.

Féminins. — Fœtus. — 8 mois 1/2 : 60°.

Nouveau-nés : 55°. — 73°. — 72°. — 61°. — 74°. — 65°.

Enfants de 1 à 30 jours. — 8 jours : 54°; 21 jours : 71°.

Nombre des sujets : 31. Total des angles : 1977°.

Moyenne générale : 64°.

MÉCANISME DE L'AGRANDISSEMENT DE L'ANGLE SACRO-PELVIEN CHEZ LE FŒTUS HUMAIN. — Cet angle était de 55° chez l'embryon. Il est de 64° chez le fœtus à terme. Il a donc grandi. Son agrandissement est même plus considérable que ne l'indiquent ces chiffres. Nos nombres sont inférieurs à la vérité. En voici les motifs. Les deux lignes innominées, prolongées en arrière, chez l'embryon, passent à mi-hauteur de la première pièce sacrée, un peu au-dessous du point où nous plaçons le sommet de l'angle. Chez le fœtus à terme, cette distance est égale à toute la hauteur de la première vertèbre sacrée. Le sommet de notre angle est donc beaucoup trop haut situé, et sa valeur est diminuée d'autant. Nous avons dit pour quelles raisons nous nous sommes résigné à commettre cette erreur. Si on s'applique à la corriger en plaçant le sommet de l'angle sacro-pelvien sur le prolongement des deux lignes innominées iliaques, cet angle atteint une valeur assez régulièrement fixe

et égale à 70°. L'augmentation de sa grandeur se comprend facilement; mais pourquoi les variations individuelles sont-elles presque supprimées? Parce que ce dernier mode opératoire élimine l'influence inconstante et éminement variable d'une déformation fœtale, le faux promontoire sacré.

Le faux promontoire sacré du fœtus humain. — Sur une coupe médiane, le bord antérieur du sacrum et du coccyx humains présentent, aux trois phases embryonnaire, fœtale et adulte de l'évolution individuelle, trois formes différentes. Chez l'embryon, sa courbe est celle d'un J; chez le fœtus, elle a fréquemment celle

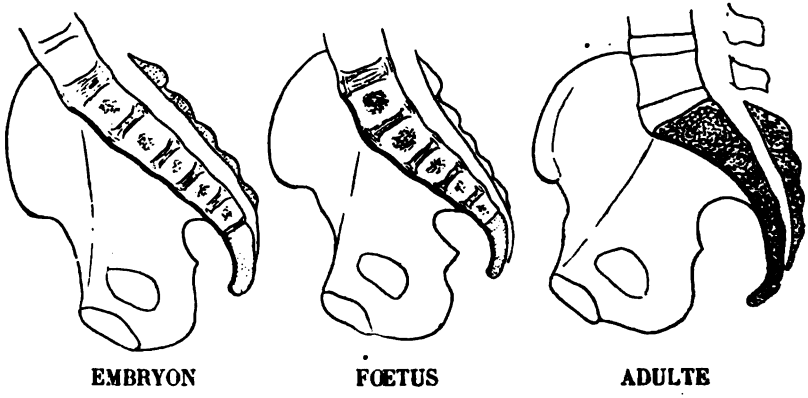


Fig. 14. — Les trois courbures de la colonne sacro-coccygienne. En *J* chez l'embryon, en *S* chez le nouveau-né, en *C* chez l'adulte. Pour faciliter la compréhension nous avons donné une même grandeur à ces trois coupes médianes de bassins.

d'une S; chez l'adulte, celle d'un C (fig. 14). La forme en *J* est initiale; la forme en *S* provient du développement, chez le fœtus, d'un faux promontoire entre la première pièce du sacrum et la deuxième. La forme en *C* résulte de l'adaptation à la station debout.

La formation de ce faux promontoire sacré devrait, toutes choses restant égales par ailleurs, diminuer la valeur de l'angle sacro-pelvien. Si cette formation était un simple phénomène évolutif, sans cause mécanique, à classer dans l'ordre des influences ancestrales, elle coïnciderait avec une diminution de la valeur de cet angle; c'est le contraire qui a lieu. Malgré ce faux promontoire, et malgré l'ascension de l'angle sacro-vertébral, l'angle sacro-pelvien du nouveau-né reste égal ou devient supérieur à celui de l'embryon.

Ce faux promontoire est arrondi et mousse, à cause de la mollesse

et de la souplesse du squelette cartilagineux. Il est dépourvu d'utilité. Il manque chez l'embryon de 3 à 4 mois. Il peut apparaître dès le cinquième mois. Son existence est fréquente, mais elle est loin d'être constante. Elle est transitoire. Ces divers caractères indiquent qu'il a sa cause dans des conditions spéciales à la vie dans l'utérus de la mère. Cette déformation est une manifestation particulière des conditions mécaniques qui influencent à tant de points de vue le squelette du fœtus humain (torsion fémorale, nivellement des cotyles, agrandissement de l'angle sacro-pelvien).

Les fémurs trop longs sont arrêtés dans leur mouvement de

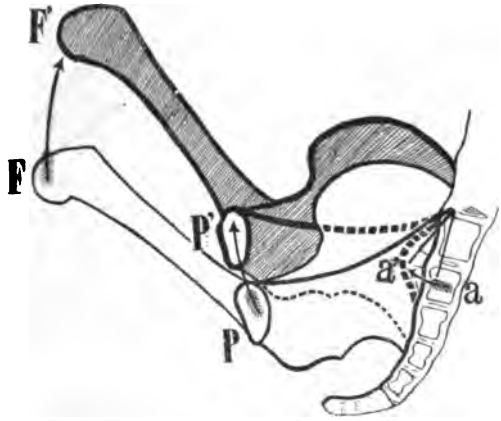


Fig. 15. — C'est par l'hyperflexion des fémurs relevant les os iliaques que l'angle sacro-pelvien grandit pendant la deuxième moitié de la vie fœtale. Le faux promontoire sacré a facilité cette hyperflexion.

flexion par le bassin trop large. Encore insuffisante, cette flexion se continue et se complète par le relèvement des os iliaques, puis par l'inflexion de la colonne lombaire. Les os iliaques, relevés par leur extrémité antérieure, pivotent autour d'un centre correspondant aux articulations sacro-iliaques. L'angle sacro-pelvien est ainsi agrandi, et cet accroisement, avec le temps, s'accentuera encore et surtout deviendra définitif (fig. 15).

Mais ce mouvement des os iliaques est vite arrêté par la tension des ligaments sciatiques et sacro-iliaques. Comme le sacrum est, à cette époque de la vie, souple et cartilagineux, il cédera plus ou moins aux tractions ainsi transmises par les ligaments sacro-iliaques et se déformera. Une courbure convexe en avant se dessinera dans la partie supérieure du sacrum. Avec le temps et les progrès du

développement, cette forme sigmoïde deviendra stable et ne pourra plus se corriger spontanément (fig. 16). Cette légère modification de forme subie par le sacrum permettra aux fémurs d'atteindre une plus grande flexion. C'est là sa seule utilité. Elle s'ajoute à l'agrandissement de l'angle sacro-pelvien pour obtenir une flexion suffisante des cuisses. Ces deux changements morphologiques sont complémentaires l'un de l'autre. C'est pour cela qu'ils sont d'ordinaire en proportions inverses : 1°, à un faux promontoire sacré nul correspond un grand angle sacro-pelvien; 2°, si le faux pro-

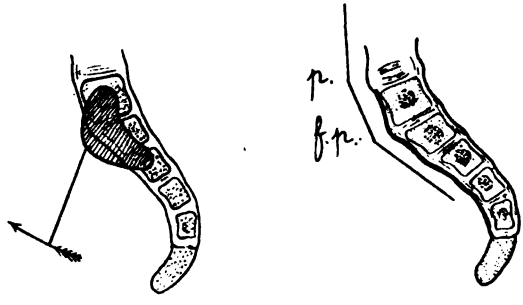


Fig. 16. — Dans le relèvement des os iliaques par hyperflexion, la force est transmise à la première pièce sacrée par les ligaments sacro-iliaques. Les rapports de la surface auriculaire du sacrum avec les corps vertébraux sacrés montrent que cette transmission est possible.

montoire est très prononcé, l'angle sacro-pelvien aura presque gardé ses dimensions embryonnaires.

Pour que ce faux promontoire sacré fœtal puisse se former par le mécanisme indiqué, il faut que la situation et l'étendue de l'articulation sacro-iliaque ne s'y oppose pas. Or l'ilium s'articule avec les trois premières vertèbres sacrées, mais les surfaces articulaires des deux os ont la forme d'un L (fig. 16). La branche supérieure horizontale, où la résistance est beaucoup plus grande, appartient à la première pièce sacrée. Sur cette même première pièce s'insèrent les puissants ligaments sacro-iliaques par le plus grand nombre de leurs fibres. C'est surtout à la première pièce sacrée que l'os iliaque est fortement attaché. Il n'y a donc aucune impossibilité à ce que le relèvement de la ceinture pelvienne infléchisse le sacrum en formant un faux promontoire sacré entre la première vertèbre sacrée et la deuxième. En outre, bien souvent cet angle saillant prend la forme d'une courbe arrondie où entrent les trois premiers corps vertébraux sacrés.

En résumé, l'agrandissement de l'angle sacro-pelvien du fœtus humain s'explique par les difficultés de l'adaptation de ce fœtus aux conditions mécaniques de la vie et du développement dans l'utérus maternel.

C. — L'ANGLE SACRO-PELVIEN APRÈS LA NAISSANCE.

Deuxième phase de son accroissement.

Après la naissance, l'angle sacro-pelvien grandit encore. Pourquoi? parce que l'enfant doit se déformer pour s'adapter à la station debout.

Dès les premiers mois de la vie, le faux promontoire sacré disparaît, le sacrum devient régulièrement concave, et ce changement de forme est bien en rapport avec l'influence que nous attribuons aux muscles redresseurs du tronc. Les différences sexuelles sont très nettes chez les adultes. Il serait intéressant, assurément, de connaître l'âge auquel elles commencent à se montrer. Il faudrait pour cela une richesse documentaire que nous ne possédons pas, et à laquelle nous n'osons aspirer.

Nos mesures ont été prises sur les cadavres autopsiés à l'Hôtel-Dieu de Rennes et, par suite, dans des conditions telles que les déformations ont dû être minima. Nous avons dit quelle importance il y a à ne pas utiliser pour cette sorte de recherches les squelettes desséchés d'enfants ou même d'adolescents. Tant qu'il y a dans le squelette des parties cartilagineuses, les déformations sont grandes, et d'autant plus que ce cartilage est plus abondant.

Toutes nos mesures ont été faites au moins trois fois; chacun des chiffres du prochain tableau et des suivants est une moyenne extraite de ces mensurations. On peut considérer chacun d'eux comme exact à un degré près. Par ce tableau nous voyons l'angle sacro-pelvien grandir après la naissance. A ce moment il était de 64°. — De 0 à 1 an il atteint 73°. D'un à six ans il devient égal à 81°.

TABLEAU IV

INFLUENCE DE L'AGE SUR L'ACCROISSEMENT DE L'ANGLE SACRO-PELVIEN APRÈS LA NAISSANCE.

1° Enfants d'un à douze mois.

Garçons. — 1 mois : 63°3; 5 semaines : 65°; 2 mois : 74°; 3 mois : 66°. — 65°. — 72°; 4 mois : 73°; 4 mois 1/2 : 85°; 5 mois 1/2 : 70°;

6 mois : 67°; 7 mois : 45°; 12 mois : 64°. — 92°. — 93°. — 67°. — 93°.

Filles. — 1 mois : 65°. — 70°; 2 mois : 72°; 3 mois : 68°. — 90°; 3 mois 1/2 : 68°; 4 mois : 64°. — 74°. — 64°. — 70°. — 80°; 6 mois : 80°; 7 mois : 77°; 7 mois 1/2 : 78°; 8 mois : 50°; 9 mois : 77°; 11 mois : 75°. — 80°.

Nombre des sujets : 34. Total des angles 2528°.

Moyenne générale : 72°5.

2° Enfants d'un à six ans.

Garçons. — 1 an : 80°; 13 mois : 83°. — 75°; 15 mois : 70°. — 80°; 16 mois : 90°; 2 ans : 70°; 27 mois : 83°; 3 ans : 75°; 4 ans 1/2 : 85°.

Filles. — 13 mois : 90°; 20 mois : 94°; 21 mois : 85°; 22 mois : 82°; 2 ans : 80°; 2 ans 1/2 : 78°. — 80°; 4 ans : 72°; 6 ans : 85°.

Nombre des sujets : 20. Total des angles 1597°.

Moyenne générale : 80°.

D. — L'ANGLE SACRO-PELVIEN CHEZ L'ADULTE.

Différences sexuelles.

Les mesures précédentes sont naturellement complétées par celles du tableau V provenant des amphithéâtres d'autopsie et de dissection de Rennes. Elles ont été recueillies dans les mêmes conditions de temps et de lieu, c'est-à-dire de race, que les précédentes. Nos comparaisons entre nos quatre séries : 1° d'embryons, 2° de fœtus, 3° d'enfants, 4° d'adultes, hommes et femmes, sont donc aussi justifiées que possible. Elles ne le seraient davantage que si nous avions un plus grand nombre de sujets.

Par elles nous voyons l'angle sacro-pelvien, de 64° chez le nouveau-né, atteindre 108° chez l'homme adulte, et devenir encore plus grand chez la femme adulte où il est de 111°.

TABLEAU V

Adultes d'âges variés (20 à 80 ans).

Hommes. — 87°. — 125°. — 132°. — 115°. — 120°. — 100°. — 103°. — 120°. — 107°. — 118°. — 112°. — 93°. — 137°. — 142°. — 119°. — 101°. — 109°. — 95°. — 95°. — 101°. — 126°. — 90°. — 100°. — 107°. — 116°. — 125°. — 98°. — 118°. — 83°. — 146°. — 80°. — 122°. — 106°. — 112°. — 75°. — 122°. — 128°. — 96°. — 76°. — 115°. — 96°. — 123°. — 95°. — 115°. — 112°. — 93°. — 95°. — 122°. — 147°. — 111°. — 115°. — 115°. — 110°.

Nombre des sujets : 54. Total des angles : 5844°.

Moyenne : 108°2.

Femmes. — 101°. — 103°. — 113°. — 100°. — 122°. — 123°. — 98°. — 89°. — 130°. — 131°. — 142°. — 124°. — 109°. — 90°. — 130°. — 108°. — 123°. — 114°. — 93°. — 102°. — 107°. — 116°. — 126°. — 104°. — 105°. — 103°. — 123°. — 102°. — 117°. — 87°. — 105°. — 131°. — 101°. — 125°. — 109°. — 113°. — 107°. — 96°. — 98°. — 106°. — 108°. — 129°. — 101°. — 121°. — 100°.

Nombre des sujets : 45. Total des angles : 4985°.

Moyenne : 110°8.

Variations suivant les races.

Notre travail serait absolument incomplet si nous n'y ajoutions une étude comparée de l'angle sacro-pelvien dans les diverses races dont le globe est peuplé. Les collections anatomiques et anthropologiques de squelettes humains sont la source où nous avons puisé nos renseignements. Ils proviennent de 1324 squelettes appartenant aux collections de Paris, Londres, Oxford, Cambridge, Berlin, Francfort s. M., Dresde, Leipzig, Munich et Vienne[1].

Les causes d'erreurs les plus importantes sont les grandes variations individuelles, les exostoses que présente parfois le bord supérieur de la première vertèbre sacrée, les défectuosités du montage des squelettes et enfin les détériorations diverses.

En augmentant le plus possible le nombre de nos mesures nous avons fait de notre mieux pour corriger toutes ces erreurs. Après un apprentissage suffisant, nous avons nous-même exécuté toutes nos opérations de goniométrie dans un laps de temps de quelques semaines. Nos chiffres sont donc utilement comparables entre eux. Les erreurs, pour chacun de nos chiffres, doivent être bien légères, car chacun d'eux est une moyenne extraite de trois mesures au moins.

Une vue d'ensemble, obtenue par la confrontation des moyennes de chaque série, nous montre que, avec une étonnante régularité, l'angle sacro-pelvien grandit suivant l'élévation anthropologique. Minimum dans la race noire, il est maximum dans la race blanche. Pour toutes les races, il est plus ouvert dans le sexe féminin que dans le sexe masculin.

De nos 1 324 bassins, beaucoup appartiennent à des races mixtes, difficiles à classer et qui pourraient fausser nos statistiques. Nous

1. Nous adressons nos bien sincères remerciements à MM. les Conservateurs de Collections qui nous ont si obligeamment permis d'exécuter nos recherches.

les avons laissés à part. Nous n'avons introduit dans les trois races principales que les groupes admis pour chacune d'elles par de Quatrefages dans son *Introduction à l'Étude des Races humaines*.

Nos moyennes sont fournies par des nombres de sujets très suffisants pour les deux sexes des races blanche et noire. Dans les autres races, les nombres de mesures sont trop petits pour ne pas donner prise à la critique. Nous en indiquons pourtant les moyennes à titre de curiosité. Elles cadrent merveilleusement avec les précédentes.

VALEUR MOYENNE DE L'ANGLE SACRO-PELVIEN DANS LES DIFFÉRENTES RACES DU GLOBE.

Race blanche[1].	*Femmes* : Nombre : 300. — Angle : 104°2.	
	Hommes : Nombre : 454. — Angle : 100°3.	
Race jaune.	*Femmes* : Nombre : 20. — Angle : 100°1.	
	Hommes : Nombre : 27. — Angle : 91°7.	
Race noire.	*Femmes* : Nombre : 94. — Angle : 98°.	
	Hommes : Nombre : 210. — Angle : 90°4.	
Japonais.	*Femmes* : Nombre : 7. — Angle : 100°7.	
	Hommes : Nombre : 52. — Angle : 97°9.	
Races mixtes américaines.	*Femmes* : Nombre : 47. — Angle : 102°2.	
	Hommes : Nombre : 80. — Angle : 91°7.	
Races mixtes océaniennes.	*Femmes* : Nombre : 10. — Angle : 97°6.	
	Hommes : Nombre : 23. — Angle : 90°8.	

Nos tableaux nous montrent en outre que si, dans une espèce animale donnée, l'angle sacro-pelvien a très sensiblement la même valeur chez tous les individus, les variations ne dépassant guère 5° à 10° au-dessus ou au-dessous de la moyenne, dans les races humaines, au contraire, les variations sont énormes : elles atteignent 50° et plus de part et d'autre de la moyenne. Ces colossales différences sont une des raisons qui nous font croire à l'intervention de forces antagonistes dont l'une tend à agrandir l'angle sacro-pelvien (force musculaire) et dont l'autre s'oppose à la précédente (résistance osseuse).

1. La valeur de l'angle sacro-pelvien est moindre ici que dans le tableau V. Cette différence tient, croyons-nous, au mélange d'éléments blancs inférieurs. Dans ce tableau V la différence sexuelle est peu marquée (3°). Cela peut tenir à ce que les deux séries qui le composent comprennent un nombre de sujets trop minime pour éliminer toutes les causes d'erreurs.

TABLEAU VI

Race blanche.

Hommes.

Européens. — 104°7. — 91°3. — 95°. — 132°. — 88°3. — 115°. — 106°7. — 101°7. — 107°7. — 105°. — 72°7. — 104°. — 101°7. — 114°. — 109°. — 99°7. — 109°3. — 104°7. — 120°. — 91°7. — 77°7. — 95°. — 115°. — 115°. — 69°. — 97°. — 101°. — 95°7. — 96°. — 95°3. — 91°. — 101°. — 87°. — 85°. — 116°. — 105°. — 107°. — 119°. — 109°3. — 106°. — 98°. — 115°. — 111°. — 89°3. — 96°. — 111°3. — 105°3. — 91°. — 95°3. — 104°7. — 110°. — 113°3. — 120°. — 97°. — 90°. — 98°7. — 90°. — 106°3. — 89°. — 120°. — 100°7. — 110°7. — 111°3. — 93°. — 98°3. — 65°. — 100°. — 86°. — 101°. — 80°. — 99°7. — 96°. — 81°7. — 95°3, — 97°7. — 94°7. — 105°. — 120°. — 97°3. — 112°7. — 102°3. — 91°. — 110°. — 85°. — 115°. — 121°3. — 92°3. — 105°. — 95°. — 99°. — 98° — 85°7. — 101°. — 110°3. — 78°. — 111°7. — 86°. — 95°. — 103°3. — 118°3. — 93°7. — 95°7. — 98°. — 76°. — 98°3. — 85°. — 91°7. — 107°7. — 117°3. — 117°3. — 95°3. — 111°7. — 121°3. — 82°. — 99°7. — 98°7. — 104°. — 110°7. — 106°. — 105°. — 97°. — 96°. — 95°3. — 120°. — 95°. — 87°. — 92°. — 91°7. — 85°3. — 108°. — 101°. — 96°. — 123°. — 112°3. — 84°3. — 113°7. — 103°7. — 106°. — 98°. — 106°. — 97°. — 90°. — 104°. — 107°3. — 109°3. — 107°7. — 108°. — 80°. — 107°3. — 118°. — 96°. — 101°. — 96°. — 100°. — 116°. — 110°3. — 95°7. — 100°7. — 65°. — 97°. — 98°7. — 110°7. — 98°. — 95°. — 121°3. — 95°7. — 87°. — 95°. — 118°7. — 94°. — 107°. — 90°7. — 99°7. — 95°7. — 99°7. — 94°. — 104°. — 88°3. — 97°. — 88°7. — 85. — 91°. — 110°. — 126°. — 113°7. — 79°. — 86°. — 103°3. — 86°3. — 124°. — 107°. — 113°7. — 111°. — 87°. — 128°. — 95°. — 109°3. — 94°. — 102°. — 87°. — 92°3. — 90°. — 120°. — 115°. — 102°. — 96°. — 92°. — 130°. — 94°. — 101°7. — 111°3. — 113°3. — 111°3. — 97°3. — 90°. — 101°3. — 89°. — 110°. — 110°. — 88°. — 110°. — 91°7. — 105°7. — 110°. — 107°. — 91°. — 100°. — 112°. — 110°7. — 112°3. — 105°. — 86°. — 105°. — 112°7. — 93°3. — 92°. — 65°. — 107°. — 122°. — 104°. — 102°3. — 102°7. — 109°. — 86°3. — 100°. — 117°. — 92°. — 105°. — 105°. — 83°3. — 81°. — 105°. — 84°3. — 91°3. — 91°3. — 112°. — 119°3. — 98°7. — 109°. — 113°3. — 101°3. — 92°. — 95°3. — 100°. — 102°. — 110°. — 108°. — 104°7. — 87°. — 106°3. — 114°. — 95°. — 101°. — 116°. — 104°. — 75°. — 115°. — 90°. — 94°. — 105°. — 86°7. — 114°. — 90°7. — 82°. — 108°7. — 120°. — 96°. — 95°7. — 100°7. — 114°. — 113°. — 92°7. — 75°. — 128°3. — 87°. — 111°. — 131°. — 101°. — 115°. — 117°. — 110°. — 98°. — 91°. — 82°. — 101°. — 104°. — 75°. — 115°. — 103°3. — 90°. — 107°. — 100°. — 113°. — 105°. — 88°. — 115°. — 105°3. — 104°3. — 95°. — 112°. — 100°. — 84°. — 114°.

Égyptiens anciens. — 86°. — 99°. — 115°7. — 77°. — 77°. — 85°. —

106°3. — 111°. — 101°7. — 86°7. — 104°7. — 91°7. — 79°3. — 104°7. — 91°7. — 89°. — 83°. — 117°. — 91°. — 87°. — 107°. — 97°3. — 106°3. — 111°3. — 115°. — 125°7. — 118°7. — 98°3. — 98°. — 126°7. — 90°. — 91°7. — 106°3. — 86°7. — 66°3. — 97°. — 95°. — 86°. — 109°. — 104°. — 115°. — 82°. — 105°7. — 90°. — 115°. — 107°. — 105°3. — 108°. — 87°3. — 111°. — 102°. — 100°. — 105°7, — 105°3. — 91°7. — 104°. — 101°. — 104°7. — 103°. — 105°. — 115°.

Berbères. — 100°. — 112°. — 117°. — 115°. — 108°. — 76°. — 76°. — 85°. — 91°3. — 90°. — 90°. — 100°. — 108°. — 81°. — 110°. — 105°. — 95°. — 78°7. — 105°. — 85°. — 98°. — 107°. — 82°. — 119°. — 119°. — 105°. — 104°. — 124°. — 107°. — 96°. — 107°. — 101°. — 93°. — 120°. — 102°. — 93°. — 112°. — 90°. — 90°.

Hindous. — 75°. — 100°. — 95°. — 103°. — 97°. — 97°7. — 95°. — 96°. — 97°. — 79°3. — 89°. — 105°. — 108°. — 75°. — 104°.

Indonésiens. — 120°. — 95°. — 101°. — 85°3. — 96°. — 105°7. — 73°. — 85°. — 93°3. — 95°. — 95°. — 104°7. — 69°. — 104°. — 97°. — 95°.

Totaux : Sujets, 454. Degrés, 45 539,8. Moyenne, 100°3.

Femmes.

Européennes. — 104°. — 92°7. — 92°. — 108°. — 100°. — 102°. — 106°. — 105°3. — 98°3. — 110°7. — 97°. — 102°3. — 99°3. — 115°. — 101°. — 79°. — 84°. — 87°3. — 88°3. — 95°. — 111°7. — 98°3. — 91°7. — 104°3. — 115°. — 117°. — 110°. — 106°7. — 91°. — 95°. — 111°. — 101°7. — 112°. — 100°. — 85°. — 87°7. — 97°. — 87°. — 113°7. — 86°. — 107°. — 101°. — 100°. — 100°. — 110°. — 116°. — 101°7. — 95°7. — 80°. — 102°7. — 95°. — 114°. — 95°3. — 95°7. — 97°. — 92°. — 126°. — 91°. — 108°3. — 97°. — 109°. — 98°3. — 110°. — 116°7. — 89°7. — 84°3. — 103°. — 84°. — 114°7. — 99°7. — 108°3. — 100°. — 104°7. — 87°. — 103°7. — 113°7. — 105°3. — 129°. — 106°3. — 101°. — 100°3. — 84°7. — 89°. — 106°3. — 112°. — 117°3. — 125°. — 92°3. — 104°7. — 96°7. — 115°7. — 93°. — 100°. — 101°3. — 106°. — 115°. — 140°7. — 98°7. — 103°3. — 105°. — 122°. — 88°. — 101°. — 119°7. — 95°. — 104°7. — 91°3. — 89°3. — 85°7. — 104°. — 150°. — 104°7. — 105°. — 98°7. — 162°. — 112°3. — 110°3. — 115°3. — 115°. — 104°. — 116°. — 141°. — 110°. — 137°. — 98°. — 120°. — 126°7. — 90°. — 88°3. — 114°7. — 103°7. — 106°3. — 105°. — 104°. — 113°3. — 94°. — 103°3. — 98°7. — 100°. — 107°. — 93°. — 114°3. — 103°7. — 96°7. — 104°. — 111°7. — 102°7. — 104°. — 110°. — 98°3. — 112°7. — 98°. — 101°. — 113°7. — 100°. — 111°3. — 95°. — 110°. — 94°. — 92°. — 103°. — 91°. — 98°. — 100°. — 93°7. — 87°. — 107°. — 110°. — 80°. — 105°. — 95°. — 115°. — 86°. — 110°. — 117°. — 116°. — 129°. — 137°3. — 101°. — 101°. — 115°. — 91°. — 87°. — 104°. — 137°. — 96°3. — 83°. — 104°. — 125°. — 95°. — 123°. — 105°. — 113°7. — 90°. — 99°7. — 88°. — 113°7. — 100°. — 111°3. — 95°. — 110°. — 94°. — 92°. — 91°. — 115°7. — 96°. — 120°. — 118°. — 90°. — 89°. — 100°. — 110°. — 114°. — 107°.

Egyptiennes anciennes. — 95°. — 87°. — 91°. — 101°. — 108°. — 85°7. — 105°. — 100°7. — 86°. — 98°. — 122°. — 109°. — 112°7. — 108°. —

106°3. — 97°. — 85°7. — 97°7. — 115°. — 109°. — 90°. — 101°. — 92°. — 114°. — 104°7. — 108°7. — 108°. — 90°. — 109°3. — 127°. — 93°. — 119°. — 125°. — 113°3. — 102°. — 97°3. — 107°7. — 115°7. — 102°. — 105°. — 122°7. — 119°7. — 115°7. — 120°. — 90°. — 92°. — 84°7. — 110°. — 102°7. — 115°7. — 111°3. — 98°. — 109°. — 100°.

Berbères. — 125°. — 120°3. — 95°. — 104°7. — 110°. — 124°. — 108°. — 128°. — 120°. — 102°. — 116°. — 111°. — 106°. — 116°. — 91°. — 124°. — 127°. — 120°. — 95°. — 110°. — 100°. — 113°. — 75°.

Indoues. — 106°7. — 110°. — 88°3. — 92°7. — 92°.

Indonésiennes. — 98°. — 107°. — 79°3. — 85°.

Race jaune.

Hommes.

92°. — 79°7. — 96°. — 96°. — 80°. — 106°. — 96°. — 58°. — 87°. — 80°. — 76°. — 121°. — 92°. — 100°. — 76°3. — 116°. — 96°. — 93°. — 79°. — 75°. — 122°. — 72°. — 106°. — 95°. — 95°. — 95°. — 89°7.

Femmes.

83°3. — 104°. — 91°. — 112°. — 94°. — 110°. — 115°3. — 83°3. — 104°. — 115°3. — 93°. — 107°. — 104°. — 91°. — 70°. — 94°. — 93°. — 128°. — 118°. — 115°.

Race noire.

Hommes.

D'Afrique (et d'origine indéterminée). — 115°. — 105°. — 108°. — 94°7. — 113°. — 105°. — 97°. — 87°. — 65°. — 85°. — 106°7. — 99°. — 93°. — 87°. — 112°. — 91°. — 60°. — 100°. — 86°. — 90°. — 100°. — 80°. — 106°. — 96°. — 100°. — 85°. — 97°. — 81°. — 111°. — 87°. — 102°. — 102°. — 92°. — 86°. — 98°. — 86°3. — 82°. — 85°. — 99°. — 110°. — 98°. — 85°. — 93°. — 98°3. — 96°7. — 111°3. — 122°7. — 101°. — 89°. — 82°. — 100°3. — 98°3. — 95°. — 101°7. — 105°. — 97°. — 86°. — 95°. — 100°. — 88°. — 90°. — 110°. — 101°. — 77°. — 65°. — 95°. — 98°. — 105°. — 98°7. — 85°. — 79°. — 77°. — 89°3. — 90°.

Papous. Mélanésiens. — 80°3. — 90°. — 96°3. — 110°3. — 98°7. — 74°. — 104°. — 93°. — 94°7. — 99°. — 91°7. — 98°3. — 87°. — 105°. — 97°. — 90°. — 68°. — 91°3. — 88°. — 95°. — 91°3. — 107°. — 92°. — 108. — 104°3. — 110°. — 91°. — 94°. — 100°. — 93°. — 96°. — 96°. — 91°. — 96°. — 95. — 132°3. — 112°. — 105°. — 110°. — 86°. — 98°. — 119°. — 82°. — 98°. — 105°. — 100°. — 94°. — 79°. — 90°7. — 87°. — 112°. — 96°. — 112°. — 85°. — 102°. — 81°3. — 111°3. — 91°3. — 112°7. — 95°. — 92°. — 95°. — 95°7. — 86°3. — 97°7. — 80°. — 76°. — 87°. — 97°. — 102°. — 90°. — 99°3. — 80°. — 100°.

Négritos. — 125°. — 100°. — 115°. — 100°. — 84°. — 101°. — 110°. — 108°. — 101°. — 97°7. — 94°. — 95°. — 90°. — 103°. — 76°. — 75°. — 107°. — 89°7. — 84°7. — 99°. — 86°. — 80°. — 99°. — 66°. — 88°. — 107°. — 101°. — 106°.

Australiens. — 111°. — 81°. — 115°. — 98°. — 103°7. — 83°. — 75°. — 84°. — 95°. — 110°. — 87°6. — 96°. — 114°. — 85°7. — 91°3. — 90°. — 97°3. — 80°. — 86°3. — 104°. — 100°. — 102°. — 90°3. — 103°3. — 95°3. — 86°. — 91°. — 65°. — 95°. — 116°7. — 88°. — 95°. — 79°. — 112°.

Femmes.

D'Afrique (et d'origine indéterminée). — 90°. — 102°. — 90°. — 87°. — 98°. — 112°. — 108°. — 104°. — 130°. — 120°. — 88°. — 120°. — 76°7. — 105°. — 89°7. — 79°. — 78°. — 113°3. — 125°. — 90°. — 102°. — 112°. — 84°3. — 87°7. — 103°7. — 92°. — 100°. — 86°. — 111°. — 85°. — 87°. — 96°. — 104°. — 91°. — 112°. — 94°. — 93°.

Papoues. Mélanésiennes. — 80°. — 90°. — 90°. — 110°. — 102°. — 66°. — 85°. — 103°7. — 100°. — 99°7. — 80°. — 101°7. — 102°3.

Négritos. — 111°. — 119°. — 105°. — 110°. — 105°. — 124°. — 91°. — 108°. — 110°. — 102°. — 96°. — 102°7. — 86°. — 94°. — 96°. — 78°7. — 97°. — 94°7. — 85°. — 100°7. — 93°. — 107°6.

Australiennes. — 98°. — 85°. — 105°3. — 98°. — 101°. — 87°7. — 107°3. — 92°. — 87°. — 108°3. — 105°. — 90°. — 95°3. — 109°. — 99°3. — 91°. — 100°7. — 99°7. — 113°. — 62°. — 100°. — 107°.

Races mixtes américaines.

Hommes.

Péruviens. — 76°7. — 90°. — 107°. — 105°. — 77°3. — 114°. — 73°. — 93°7. — 99°3. — 79°3. — 130°. — 76°. — 100°. — 95°. — 102°7. — 96°. — 90°. — 97°3. — 100°. — 93°. — 85°. — 82°. — 89°7. — 90°7. — 83°3. — 91°. — 83°. — 93°. — 98°. — 112°. — 74°7. — 96°. — 78°.

Mexicains. — 75°. — 100°. — 99°. — 90°.

Caraïbes. — 95°. — 87°3. — 86°7.

Botocudos. — 112°.

Patagons. — 105°. — 79°. — 93°. — 81°3. — 97°. — 100°. — 81°. — 101°3. — 75°. — 81°. — 60°. — 85°.

Californiens. — 81°. — 106°. — 92°. — 107°. — 100°. — 86°. — 101°. — 94°. — 90°. — 94°. — 100°.

Fuégiens. — 87°. — 85°. — 85°. — 110°3. — 97°. — 103°3. — 80°. — 88°. — 95°. — 95°. — 80°. — 87°3. — 80°.

Guaranis. — 94°. — 80°7. — 106°.

Femmes.

Péruviennes. — 104°. — 91°. — 107°. — 100°. — 95°. — 86°. — 85°. — 87°. — 71°. — 100°. — 97°. — 110°. — 110°. — 105°. — 108°. — 97°. — 80°. — 115°. — 117°.

Mexicaines. — 91°. — 110°. — 120°. — 120°.

Botocudos. — 95°. — 101°7. — 113°7.

Patagons. — 101°. — 81°.

Californiennes. — 91°3. — 110°. — 109°. — 122°7. — 102°. — 111°. — 110°.

Fuégiennes. — 111°. — 116°7. — 102°. — 111°3. — 101°.
Guaranis. — 110°. — 95°. — 115°. — 110°. — 80°. — 100°. — 97°.

Races mixtes océaniennes.

Hommes.

Malais et Polynésiens. — 97°. — 95°. — 86°. — 94°. — 100°. — 108°3. — 90°3. — 100°. — 72°3. — 115°. — 71°. — 110°. — 101°. — 99°. — 97°. — 81°. — 86°. — 93°3. — 98°. — 98°. — 92°. — 98°7. — 93°3.

Femmes.

Malaises et Polynésiennes. — 106°. — 108°. — 33°. — 110°. — 76°. — 85°7. — 104°3. — 90°. — 115°. — 88°.

Japonais.

Hommes. — 107°. — 82°. — 118°. — 114°5. — 118°. — 93°. — 101°. — 101°. — 75°3. — 90°. — 75°3. — 106°. — 85°. — 76°. — 88°3. — 90°. — 116°. — 108°. — 115°. — 116°. — 87°7. — 88°. — 106°. — 98°. — 90°. — 118°7. — 106°. — 95°. — 113°7. — 100°. — 93°7. — 110°7. — 98°7. — 110°. — 97°3. — 96°. — 87°3. — 76°. — 100°. — 95°. — 100°. — 84°3. — 102°. — 95°3. — 87°. — 67°.
Femmes. — 80°. — 120°. — 125°. — 73°7. — 102°. — 109°. — 95°.

Mécanisme de l'agrandissement de l'angle sacro-pelvien humain après la naissance. — L'agrandissement de l'angle sacro-pelvien, après la naissance, se fait par relèvement du sacrum. La cause de ce déplacement réside dans l'action des muscles lombaires. Le mouvement de bascule des os iliaques s'arrête dès que le fœtus est sorti du sein maternel. S'il se continuait pour donner à l'angle sacro-pelvien ses dimensions définitives, cet angle serait d'autant plus grand que le détroit supérieur du bassin serait plus horizontal sur le sujet debout. C'est le contraire qui a lieu. Dans la race blanche, la femme a un angle sacro-pelvien plus grand que celui de l'homme et pourtant son détroit supérieur est plus vertical. C'est uniquement dans l'action des muscles de la masse commune, dorso-lombaire, qu'il faut chercher l'explication de l'accroissement de cet angle. Le relèvement du sacrum est un phénomène connexe de la détorsion fémorale, de l'accentuation de l'angle sacro-vertébral et de l'incurvation en arrière de la colonne lombaire. Théoriquement, la déformation, après la naissance, sera d'autant plus grande que l'angle sacro-pelvien se sera davantage déformé par agrandissement avant la naissance (fig. 17).

Dans l'utérus, les os coxaux avaient basculé sur le sacrum par l'effet de la flexion fémorale excessive : après la naissance, le sacrum bascule sur les os iliaques. De là une double augmentation de l'angle sacro-pelvien. Elle est considérable, car elle atteint 50° dont 10° sont parcourus avant la naissance et le reste après la naissance. Pour ces mesures nous avons pris comme repère uniquement la face antérieure de la première vertèbre sacrée, parce

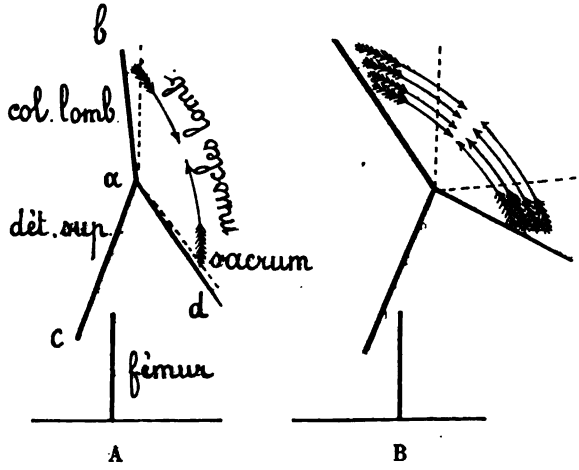
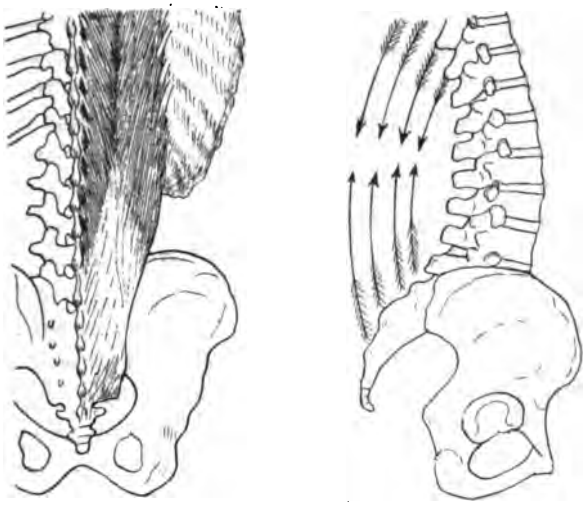


Fig. 17. — Schématique. — Dans ces deux figures, le fémur et le détroit supérieur sont semblablement orientés. Si, comme en A, l'angle sacro-pelvien est petit, la colonne lombaire, presque verticale, s'incurvera peu pour se redresser; dans ce redressement léger les muscles de la masse commune tireront peu sur le sacrum dont le relèvement sera minimum. Si, comme en B, l'angle sacro-pelvien est grand, la colonne lombaire, presque horizontale, ne sera redressée qu'au prix d'une forte incurvation, c'est-à-dire de fortes contractions musculaires qui, en même temps, relèveront beaucoup le sacrum.

que seule elle subit la bascule complète. La pointe du sacrum et le coccyx sont retenus par les ligaments sacro-sciatiques. Ils obéissent imparfaitement ou n'obéissent pas au mouvement subi par la portion supérieure de l'os. L'incurvation en C du sacrum nous le prouve clairement.

Il se peut que les conditions mécaniques de la station verticale nous expliquent le rapprochement, après la naissance, de l'angle sacro-vertébral et des deux lignes innominées. Le sacrum serait tassé par le poids du corps et les os iliaques sembleraient remontés par suite de ce tassement. Il y a, quoi qu'il en soit, dans cet abaissement du promontoire, une source accessoire d'agrandissement de l'angle sacro-pelvien.

La cause de beaucoup la plus importante est l'action des muscles lombaires. Dans le redressement du tronc, pour incurver la colonne lombaire, ces muscles se contractent et tirent sur leurs deux extrémités. En haut, ils s'insèrent sur les vertèbres et les attirent en bas et en arrière. En bas, ils prennent attache sur le sacrum et le tirent en haut. Le sacrum est en grande partie cartilagineux, donc flexible : il s'incurvera par conséquent. Il est un peu mobile sur les



A B

Fig. 18. — A, Les muscles de la masse commune (sacro-lombaire, long dorsal, transversaire épineux). B, Leur rôle dans l'agrandissement de l'angle sacro-pelvien.

os iliaques; utilisant cette mobilité, il se relevèra autant qu'elle le lui permet. Cette attitude, d'abord passagère, deviendra définitive. Puis, l'action se continuant aussi longtemps que la station debout est maintenue, ce relèvement s'exagérera de plus en plus, progressivement (fig. 18).

De fortes contractions musculaires produiront un grand relèvement du sacrum. Si la résistance du sacrum est normale, un grand relèvement de cet os, un grand angle sacro-pelvien implique de grandes contractions musculaires. Ces contractions ne peuvent se produire qu'en vue d'une difficulté à vaincre. Si donc l'angle sacro-pelvien est plus grand chez la femme que chez l'homme, si cet angle est plus grand dans les races supérieures que dans les inférieures, c'est que l'adaptation à la station debout est plus difficile

pour le sexe féminin que pour le sexe masculin, et pour les races supérieures que pour les inférieures.

E. — L'ANGLE SACRO-PELVIEN DANS LES BASSINS ANORMAUX ET PATHOLOGIQUES.

Toutes nos constatations précédentes nous ont conduit à attribuer une origine mécanique à l'agrandissement de l'angle sacro-pelvien, après comme avant la naissance. L'influence antagoniste de la résistance osseuse et des forces musculaires trouve une confirmation bien remarquable dans l'examen des bassins viciés.

Suivant que telle ou telle région du squelette, les fémurs, les os iliaques, le sacrum, la colonne lombaire, cèdent ou résistent aux tractions musculaires destinées à redresser le corps, l'action déformante de ces forces musculaires sera excessive, suffisante ou insuffisante pour réaliser la transformation normale. Les insuffisances et les excès des résistances osseuses, absolus ou relatifs, peuvent donner lieu à des combinaisons extrêmement variées. Nous les envisagerons seulement dans leurs grandes lignes, dans leurs caractères généraux, et uniquement en ce qui concerne leur influence sur l'angle sacro-pelvien. Elles peuvent le laisser trop petit, ou l'agrandir à l'excès.

ANGLE SACRO-PELVIEN TROP PETIT. — 1° Son ouverture est inférieure à la normale dans l'assimilation, par le sacrum, de la dernière vertèbre lombaire. Cette fusion élève beaucoup le promontoire par rapport au plan du détroit supérieur, et s'accompagne souvent d'un faux promontoire sacré. Nous avons soumis quelques bassins affectés de cette malformation à deux mensurations. Pour l'une, le sommet de l'angle est placé au promontoire vrai. Elle fournit le chiffre le plus petit. Pour l'autre, le sommet est placé entre les deux premiers corps vertébraux du sacrum anormal. Le chiffre ainsi obtenu est le plus grand. Il ne s'écarte guère, en général, de celui qui représente la valeur de l'angle sacro-pelvien normal.

Race blanche. — Hommes : 69° et 100°; 93° et 117°; 80° et 95°; 77° et 98°; 72° et 97°; 102° et 122°; 92° et 116°; 65° et 92°; 55° et 108°; 91° et 100°; 65° et 100°.

Femmes : 87° et 100°; 95° et 105°; 95° et 104°; 65° et 112°.

Race jaune. — Hommes : 61° et 96°; 69° et 93°.

Race nègre. — Hommes : 91° et 103°; 83° et 105°; 66° et 91°; 80° et 108°; 68° et 111°; 81° et 105°.

Femmes : 69° et 108°; 62° et 80°; 70° et 112°; 93° et 110°; 89° et 93°; 65° et 105°.

2° L'existence d'un faux promontoire sacré diminue beaucoup l'angle sacro-pelvien. A l'état normal, la colonne lombaire décrit une ligne courbe, convexe en avant; le sacrum forme une autre courbe, concave en bas. Ces deux lignes se coupent à angle très prononcé au promontoire. Dans le cas de faux promontoire sacré, la première vertèbre sacrée continue, ou à peu près, la direction de la colonne lombaire et fait saillie dans le petit bassin. Cette conformation est produite par la persistance d'une disposition fœtale, normalement transitoire.

A quelle cause est due cette persistance? Évidemment à un excès de résistance, absolu ou relatif, de la partie supérieure de la colonne sacrée. Le rachitisme en est l'origine habituelle, pensons-nous; mais il faut que ce rachitisme ait été extrêmement précoce, antérieur à la correction du faux promontoire fœtal.

La diminution produite par cette difformité dans la valeur de l'angle sacro-pelvien est grande, ainsi que l'indiquent les quelques mesures suivantes :

Race blanche. — Femme : 76°.
Race jaune. — Homme : 83°.
Race noire. — Hommes : 59°. — 72°. — 74°. — 76°.

3° Certains bassins rachitiques gardent un angle sacro-pelvien petit, sans autre déformation. Il faut alors admettre que les redressements nécessaires à la station debout se sont faits avec une facilité excessive dans d'autres régions. Par exemple, les fémurs se sont détordus à l'excès ou courbés en arrière; ou bien encore, la colonne lombaire, trop molle, aura cédé avec une trop grande facilité aux actions des muscles redresseurs du tronc. Chez ces sujets, le sacrum reste trop rectiligne, sa forme presque plane rappelle celle du sacrum des anthropoïdes.

Le redressement du corps peut s'accomplir en proportions variées, insuffisantes, normales ou excessives, dans :

1° Les fémurs qui se détordent ou se courbent;

2° L'angle sacro-vertébral qui reste moins aigu ou devient plus saillant par tassement postérieur des corps vertébraux adjacents;

3° La colonne lombaire qui se recourbe en arrière plus ou moins.

Le relèvement du sacrum n'est nullement avantageux pour la station debout. Il est le résultat de ce mode de station, pourtant, mais il n'a d'utilité que pour agrandir l'excavation pelvienne et permettre ainsi le passage de la tête fœtale. Il existe chez l'homme comme chez la femme, parce que le mécanisme de la station debout est le même dans les deux sexes.

Voici quelques mesures où la forme trop rectiligne du sacrum intervenait (son rôle était évident) pour diminuer l'angle sacro-pelvien.

Japonais, homme, sacrum droit : 73°.

Musée Dupuytren. — N° 494. Bassin plat de rachitique : 67°; sacrum droit, courbure lombaire énorme. — N° 492, femme, bassin plat, sacrum droit : 82°. — N° 493. Bassin plat, rachitique, sacrum droit : 74°.

4° La cyphose lombaire, ordinairement due au mal de Pott lombaire. La concavité normale de cette région vertébrale est remplacée par une convexité. Il en résulte qu'aux redressements précédemment accomplis s'ajoute la nécessité d'un nouveau redressement pour corriger l'inflexion pathologique. En général, au moment où cette difformité survient, le squelette est déjà très ossifié, les tassements et les incurvations des os se font difficilement et imparfaitement. Aussi la colonne vertébrale bascule sur les articulations sacro-iliaques, le sacrum bascule en avant pendant que la colonne lombaire bascule en arrière. Le bassin prend une forme en entonnoir, conique, dont les accoucheurs connaissent bien la forme, les causes et les dangers obstétricaux.

Pour ce qui nous concerne ici, le résultat est une diminution considérable de l'angle sacro-pelvien. Les chiffres suivants en fournissent la démonstration.

Négrito, homme, cyphose par mal de Pott lombo-sacré : 71°.

Musée Dupuytren. — Pièce 265, c., cyphose dorsale énorme : 53°. — Pièce 534, A., cyphose dorso-lombaire : 82°. — Pièce 536, A, cyphose dorsale inférieure et lombaire : 60°. — Pièce 537, cypho-scoliose dorsale inférieure : 80°. — Pièce x, cyphose dorso-lombaire : 64°. — Pièce 1031 c., cyphose dorso-lombaire : 74°. — Pièce 646, cyphose doso-lombaire : 56°, malgré la lordose lombaire inférieure.

ANGLE SACRO-PELVIEN TROP GRAND.

Ce défaut est toujours dû au rachitisme et à l'ostéomalacie. Sa production se comprend très facilement (fig. 19). Sur les os ramollis par une insuffisante calcification, les tractions musculaires provoquent des déformations excessives. Il en est ainsi dans les membres, il en est ainsi dans le gril costal et dans la ceinture pelvienne. Le rachitisme est fertile en déformations variées de l'angle sacro-pelvien. Il peut le laisser normal, l'exagérer ou le diminuer beaucoup,

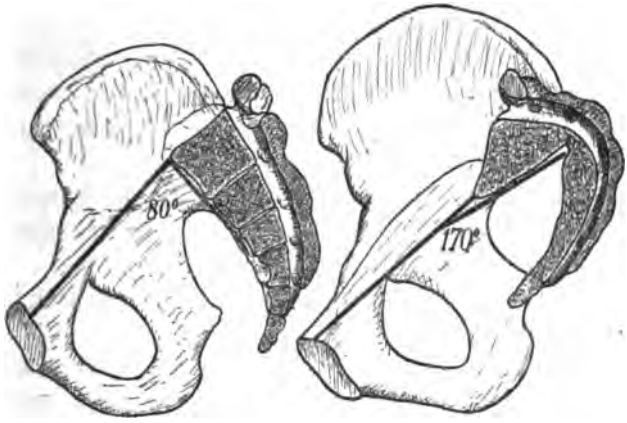


Fig. 19. — Angle sacro-pelvien trop grand et angle sacro-pelvien trop petit d'origine rachitique.

suivant que la résistance du sacrum, en fonction des actions musculaires, est normale, trop faible ou trop forte. Si le sacrum cède, l'angle sacro-pelvien peut être agrandi plus ou moins, et parfois d'une manière invraisemblable. Mais c'est dans l'ostéomalacie que l'exagération de cet angle devient maxima.

Les mesures suivantes, recueillies dans le musée de la clinique Tarnier, montrent les trois variétés d'angles sacro-pelviens, normale, trop petite ou trop grande, sur les bassins rachitiques.

BASSINS RACHITIQUES DE FEMMES. — Angles sacro-pelviens plus petits que la normale : 80°. — 90°. — 84°. — 83°. — 97°. — 90°. — 91°. — 96°.

Angles sacro-pelviens normaux : 102°. — 103°. — 102°. — 106°. — 109°. — 104°. — 100°. — 107°.

Angles sacro-pelviens plus grands que la normale : 114°. —

112°. — 114°. — 113°. — 119°. — 115°. — 118°. — 111°. — 114°. — 114°. — 126°. — 123°. — 120°.

Bassins ostéomalaciques. — Musée Dupuytren : 149°. — 140°. — 160°. — 180°.

Musée de la Clinique Tarnier : 154°. — 156°. — 155°. — 168°.

Conclusions.

Chez tous les animaux la valeur de l'angle sacro-pelvien est invariable pendant toute la durée de la vie. Dans une espèce donnée elle diffère peu d'un individu à un autre.

Dans l'espèce humaine, l'angle sacro-pelvien, d'abord égal à celui des mammifères quadrupèdes, grandit pendant la deuxième moitié de la vie fœtale, puis encore, après la naissance, jusqu'au complet développement de l'individu.

La cause de cet accroissement est la difficulté de l'adaptation de l'être humain, avant la naissance, à la cavité utérine maternelle; après la naissance, à la station debout.

Chez la femme, cet agrandissement est nécessaire pour l'accouchement.

Primitivement, cet angle est de 55° environ. Chez l'adulte, sa valeur moyenne varie de 90° à 110° suivant la race et le sexe. Il est plus grand chez la femme que chez l'homme, et dans les races supérieures que dans les races inférieures.

Ses variations individuelles, à peu près nulles chez l'embryon humain comme chez les animaux, sont très appréciables chez les nouveau-nés humains; elle deviennent énormes chez les adultes.

Son développement et ses variations anthropologiques sont une preuve à l'appui de ce paradoxe apparent que les difficultés de l'adaptation à la station debout vont croissant avec l'élévation anthropologique.

De ces difficultés grandissantes la sanction pathologique est la luxation anthropologique de la hanche, spéciale à l'espèce humaine, plus fréquente dans les races supérieures et dans le sexe féminin.

Le propriétaire-gérant : Félix Alcan.

Coulommiers. — Imp. Paul BRODARD.

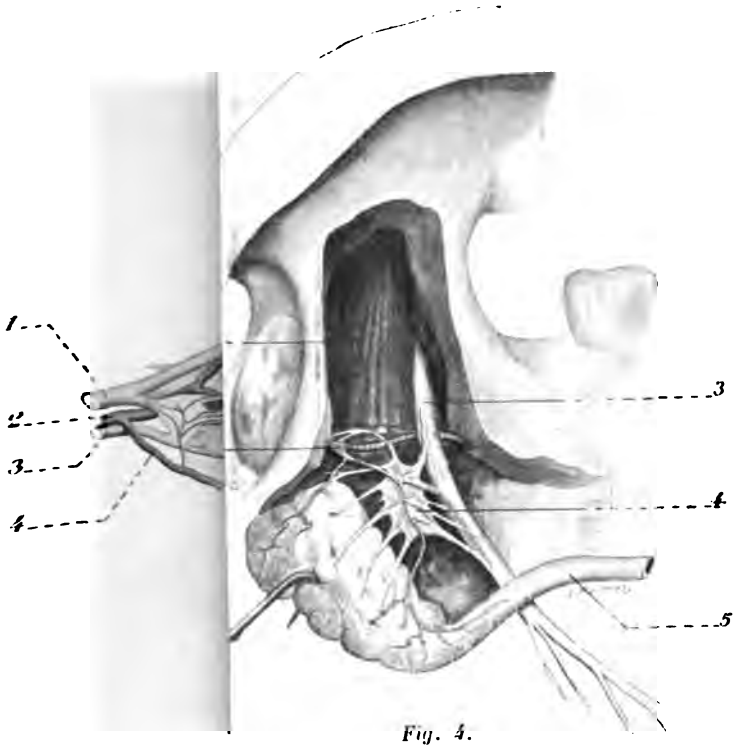


Fig. 4.

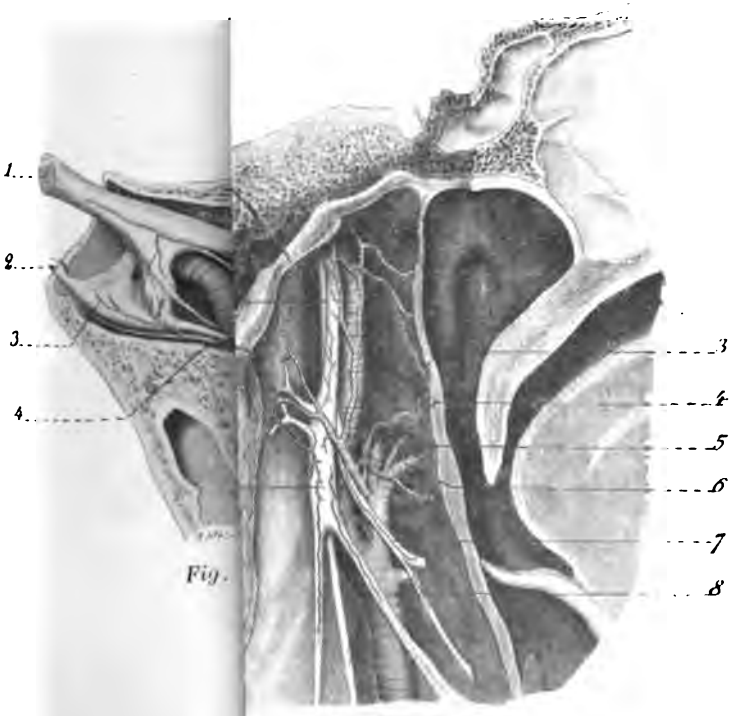
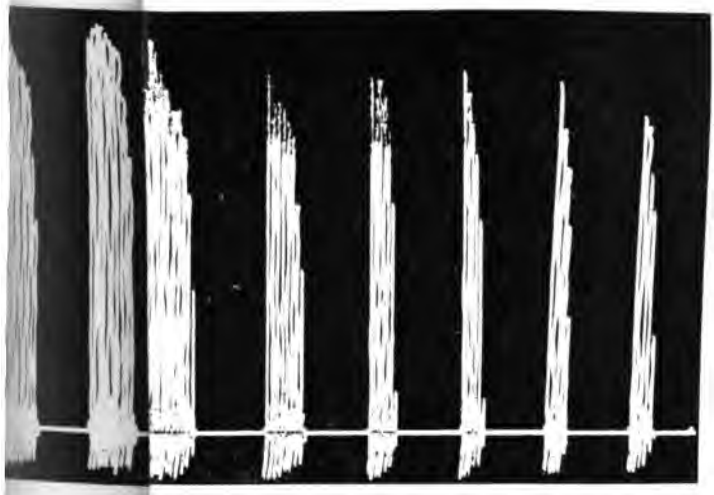


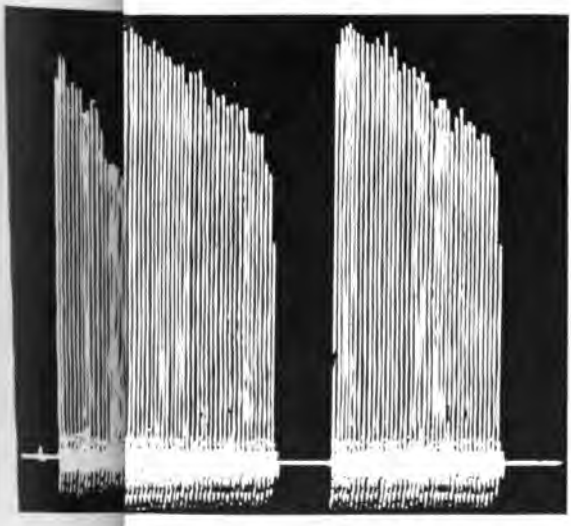
Fig.

Fig. 6.

Imp. Paul Brodard.

Planche V.





Imp. Paul Brodard.

ÉVOLUTION DU TISSU OSSEUX

Par Éd. RETTERER

Chef des travaux pratiques d'histologie à la Faculté de médecine de Paris.

Dans le travail (*Mémoire* de 1905) que j'ai publié [1] l'année dernière sur le tissu osseux, j'ai choisi le tissu osseux d'animaux jeunes et adultes pour en décrire la croissance et la structure. J'ai négligé nombre de points accessoires (fibres de Sharpey, lignes dites de ciment) afin de ne pas embrouiller un sujet déjà très complexe. Il me reste à étudier l'apparition du tissu osseux chez l'embryon, à relier entre eux les divers stades de développement et à montrer les variations de structure dont le tissu osseux est le siège avec les progrès de l'âge.

Voici l'ordre des divers chapitres :

1° Charpente de tissu préosseux;

2° Tissu osseux jeune. Historique;

3° Zones limitantes de protoplasma granuleux;

4° Fibres conjonctives et élastiques du tissu osseux;

5° Tissu conjonctif et élastique du tissu osseux; fibres de Sharpey. Historique;

6° Des capsules osseuses;

7° Conclusions [2].

I. — Charpente de tissu préosseux.

Il existe de nombreux travaux en ce qui concerne le développement *morphologique* du tissu osseux. On a distingué l'*ossification*

1. *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1905, p. 561.

2. Outre les indications antérieures que j'ai consignées dans le travail de 1905, j'ai communiqué à la Société de Biologie plusieurs notes sur les principaux résultats contenus dans le présent mémoire; voici le titre de ces notes : Des capsules osseuses, *Soc. Biologie*, 4 novembre 1905, p. 367; Des lignes dites de ciment du tissus osseux, *Ibid.*, 6 janvier 1906, p. 6; De la nature et de l'origine des fibres de Sharpey, *Ibid.*, 6 janvier 1906, p. 7.

directe qui se ferait dans le tissu conjonctif et l'ossification *enchondrale* qui se produirait dans le cartilage. Dans le premier cas, la substance organique du tissu osseux se développerait avant le dépôt des sels calcaires; dans le second, les sels calcaires apparaîtraient dans le cartilage avant la substance organique de l'os ou tissu préosseux [1].

Toutes ces distinctions ne reposent que sur des apparences; de fait, l'ossification a lieu toujours d'après un processus identique, car les phénomènes histogénétiques sont les mêmes quand l'os se développe aux dépens du cartilage ou dans le tissu conjonctif. Toujours l'ossification est précédée par la formation d'un tissu conjonctif réticulé, que ce dernier apparaisse dans une membrane conjonctive ou succède à un cartilage [2]. C'est ce tissu réticulé qui produit les *ostéoblastes*. Ces derniers élaborent ensuite la trame osseuse qui, à l'origine, manque de sels calcaires (*tissu préosseux*); enfin le tissu préosseux devient tissu osseux définitif grâce à l'imprégnation de l'hyaloplasma par les matières terreuses.

Après avoir étudié, dans les membres naissants, l'ébauche squelettogène [3], puis l'apparition de la charpente osseuse chez les embryons de cobaye, de lapin et de cheval, j'ai poursuivi ces recherches sur le chien et voici les nouveaux résultats confirmatifs.

La diaphyse de l'humérus, par exemple, d'un embryon de chien long de 6 centimètres, est constituée par une tigelle osseuse longue de 2 mm. 3, large de 0 mm. 9 à 1 millimètre. La diaphyse est formée d'*os spongieux*, c'est-à-dire de trabécules osseuses qui s'anastomosent et délimitent des mailles remplies de tissu conjonctif réticulé. Avec un peu d'attention, on reconnaît dans cette diaphyse deux portions osseuses d'origine distincte : 1° la *portion centrale* provient du cartilage, c'est-à-dire que les cellules cartilagineuses se sont multipliées et les éléments réticulés auxquels elles ont donné naissance se sont transformés en os spongieux affectant la forme d'*un double cône* dont le sommet correspond au centre de la diaphyse, tandis que la base est continue avec l'épi-

1. Voir Retterer, Contribution à l'étude du développement du squelette des extrémités, *Journal de l'Anatomie*, 1884, p. 407.
2. Évolution du cartilage transitoire, *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1900, p. 467.
3. *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1902, p. 494.

physe cartilagineuse; 2° la portion *périphérique* est d'origine périostique; elle a la forme d'un long tube à parois épaissies vers le milieu[1].

L'os périostique ne cesse pas à la ligne d'ossification; il empiète sur le cartilage sur une longueur de 0 mm. 12 et l'entoure d'une virole osseuse épaisse de 0 mm. 04 d'abord, mais s'amincissant plus loin jusqu'à ne plus avoir qu'une épaisseur de 0 mm. 01. Sauf une lamelle osseuse continue, épaisse de 0 mm. 04 à 0 mm. 06 qui sépare l'os cartilagineux de l'os périostique, la diaphyse est constituée par des trabécules osseuses de 0 mm. 02 à 0 mm. 05, s'entre-croisant ou plutôt s'anastomosant pour délimiter des aréoles de 0 mm. 05 à 0 mm. 10 qui sont remplies de tissu conjonctif réticulé.

On n'observe aucune différence entre le tissu d'origine cartilagineuse et celui qui dérive du périoste : lorsque le tissu osseux est d'origine cartilagineuse, il est, au début, formé par des trabécules dont l'axe est occupé, pendant quelque temps, par les restes de la substance fondamentale du cartilage en voie de disparition. C'est là un point secondaire, car les lamelles de tissu préosseux, comme nous le verrons plus loin, se développent toujours d'une façon identique, aux dépens des cellules spéciales, les *ostéoblastes*.

Quoique d'origine distincte, la diaphyse des os longs montre pendant la vie embryonnaire et fœtale une charpente de tissu spongieux qui occupe aussi bien le centre que la périphérie du segment. On s'est préoccupé de la question de savoir comment l'os compact se substitue à l'os spongieux. D'où dérive le tissu compact? de l'ossification du tissu qui remplit les mailles de l'os spongieux ou du périoste? Comment se forme le canal médullaire?

Vers la fin de la vie fœtale, on voit la diaphyse présenter un canal central qui ne peut évidemment résulter que de la résorption du tissu osseux. Où se développe l'os nouveau?

G. Schwalbe[2] a étudié à cet effet, le fémur, le tibia et l'humérus d'enfants de un an à quatre ou cinq ans. A la naissance, le canal médullaire n'a qu'un diamètre de 2 millimètres; mais au cours de la première

1. Voir la fig. 162 de Kölliker, *Éléments d'histologie humaine*, 1869, p. 296.
2. Ueber das postembryonale Knochenwachsthums, *Sitzungsberichte der med.-naturwiss. Gesellschaft zu Iena*, 1877, 6 juillet, et *Schwalbe's Jahresbericht*, t. VI, 1877, p. 73.

année, il acquiert une longueur de 6 millimètres. Il reste ainsi jusqu'à la quatrième année où il est long de 7 mm 5. Chez l'enfant de quatre ans, le volume ou les dimensions du manteau osseux formé par le périoste n'est pas plus épais que celui de l'enfant de trois ans. Il y a donc *résorption physiologique* du tissu osseux.

Au sixième mois après la naissance, le tissu osseux de la diaphyse est résorbé (ostéoporose); d'où l'agrandissement de la cavité médullaire et l'élargissement des canaux vasculaires ou espaces de Havers; tout cela se passe dans la moitié interne de l'écorce osseuse. Avant que ce travail soit fini, le tissu médullaire commence à former du tissu osseux lamellaire (lamelles osseuses des systèmes de Havers). La même chose se continue dans la moitié externe de l'os diaphysaire, de sorte qu'à deux ans, on observe la disparition presque complète de l'os fœtal et la structure lamellaire de la diaphyse; jusqu'à l'âge de quatre ans, le périoste ne prend presque aucune part à la formation de l'os lamellaire ou compact; mais à partir de cet âge, il fournit des lamelles osseuses périphériques (Grundlamellen).

En somme, le tissu conjonctif réticulé (voir fig. 1 et 2) qui occupe les mailles de l'os spongieux, contribue sur les enfants de un à deux ans à fournir des lamelles osseuses qui transforment la diaphyse spongieuse en os compact. Jusque vers quatre ans, la diaphyse n'a guère augmenté d'épaisseur. A partir de cet âge, le périoste fournit de nouvelles lamelles osseuses qui contribuent à augmenter l'épaisseur de l'os long.

Par une série d'expérimentations Ollier a établi le bien fondé de cette formation de l'os aux dépens du périoste.

Il est d'autres points de l'évolution du tissu osseux qui ont moins attiré l'attention des observateurs. Les premières lamelles osseuses, par exemple, qui apparaissent chez l'embryon, ont-elles la structure du tissu osseux de l'adulte ou conservent-elles pendant quelque temps la structure de tissu préosseux? Personne, que je sache, ne s'est même posé la question.

Nous avons signalé (*Mémoire* de 1905, p. 615) les variations dans les proportions des matières calcaires selon les espèces animales. Ces faits prouvent que les matières terreuses ne sont pas combinées en proportions définies avec la matière organique. On continue cependant à répéter, d'après les analyses de Frémy, que la quantité et la nature de matière terreuse ne varient pas, pour ainsi dire avec l'âge. Hammarsten[1] est porté à mettre les différences de composition chimique des os sur le compte des parties accessoires, telles que la moelle osseuse, les vaisseaux sanguins, etc.

1. *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 4e éd., 1899, p. 328.

L'observation la plus élémentaire nous montre que les sels calcaires se déposent après que la substance organique s'est développée et que leurs proportions varient avec l'âge. Les embryons de lapin, de cobaye, longs de 4 à 6 centimètres, ceux de cheval, longs de 15 à 20 centimètres possèdent, comme je l'ai montré il y a longtemps [1], un tissu osseux qui se laisse fixer et couper comme les tissus mous, sans décalcification préalable. Les os prélevés sur les fœtus ou les jeunes animaux sont débarrassés de leurs sels calcaires par un séjour très court dans les solutions acides alors que, chez l'adulte, la décalcification exige une durée beaucoup plus prolongée, et une solution acide plus concentrée.

Dans ces conditions, il m'a paru intéressant d'étudier la structure des premières lamelles osseuses qui apparaissent chez l'embryon. Ce dernier tissu osseux, qui manque de sels calcaires, présente-t-il les éléments organiques caractéristiques de l'os adulte?

J'ai étudié la diaphyse des os longs d'embryon de cobaye, de lapin, de cheval et de chien longs de 5 à 6 centimètres, après l'avoir fixée et colorée comme j'avais fait des os adultes.

Pour le dire immédiatement, le tissu osseux apparaît chez l'embryon, et l'os embryonnaire existe d'abord sous une forme qui est identique à la couche préosseuse du tissu osseux en voie de croissance.

La figure 1 représente une portion d'une coupe longitudinale de la diaphyse de l'humérus, d'un embryon de chien, long de 6 centimètres. Elle comprend trois travées osseuses de l'os périostique. La pièce a été fixée par la solution picro-sublimé-formol-acétique et les coupes, minces de 5 μ, ont été colorées par l'hématoxyline, puis la solution éosine, orange, aurantia. Les trabécules osseuses sont rouges avec des stries violet foncé. La trabécule (1), qui est la plus externe, et la travée (3), interne, sont réunies par une trabécule oblique (2). La trabécule 1 n'est large que de 15 à 20 μ et bordée de chaque côté par une rangée d'ostéoblastes. Les ostéoblastes montrent un noyau de 7 à 8 μ, à nucléoplasma clair et traversé par un réticulum qui présente une ou plusieurs granulations teintes en violet foncé. Le cytoplasma de l'ostéoblaste est formé par un protoplasma périnucléaire granuleux, volumineux

1. *Soc. Biologie*, 20 mars 1898, p. 359-361.

et fixant l'hématoxyline d'une façon intense. De ce cytoplasma granuleux partent des filaments également granuleux et très colorables par l'hématoxyline, lesquels s'anastomosent et forment des mailles remplies d'hyaloplasma. Ce dernier se colore par l'éosine, l'orange et l'aurantia.

En 5 et 5′ on voit comment un ostéoblaste qui après s'être entouré de la substance osseuse, réticulée comme en 1, continue à élaborer un cytoplasma périnucléaire granuleux. Ce dernier semble se rétrécir et se réduire à une zone mince d'où partent des stries radiées à travers un cytoplasmaclair et allant jusqu'au contact de la capsule qui limite la substance osseuse du côté de la cellule.

Dans la travée (3), une ou deux rangées d'ostéoblastes se sont transformées de cette façon en cellules osseuses, entourées chacune d'une capsule. On voit, de plus, dans la portion inférieure de la travée 3, les filaments anastomotiques, granuleux et colorables par l'hématoxyline, se dessiner de plus en plus nettement.

Le tissu conjonctif réticulé qui remplit l'aréole 4, ainsi que celui qui est contigu aux ostéoblastes, est identique à celui que j'ai décrit dans mon mémoire de 1905, p. 566.

Ces phénomènes évolutifs montrent que le tissu conjonctif réticulé subit les modifications morphologiques et microchimiques suivantes, lorsqu'il élabore du tissu préosseux : le cytoplasma granuleux de la cellule conjonctive augmente et atteint un diamètre de 6 à 12 μ pour constituer l'ostéoblaste. Les ostéoblastes restent réunis par les prolongements hématoxylinophiles, pendant que, en 1, par exemple, l'hyaloplasma devient plus dense et fixe d'une façon plus intense l'éosine, l'orange et l'aurantia. En un mot, l'hyaloplasma prend des caractères différents de celui du tissu conjonctif réticulé.

Pour montrer combien les phénomènes histogénétiques sont identiques chez les vertébrés et les mammifères en ce qui concerne les premiers développements du tissu osseux, il me suffit de citer les résultats auxquels j'étais arrivé [1], dès 1898, sur les jeunes axolotls, les embryons de cobaye de 4 à 6 centimètres et ceux de cheval de 15 à 18 centimètres. A cet âge, les os de ces espèces

1. Note de technique relative au tissu osseux, *Soc. Biologie*, p. 359, 1898, et Origine et structure des ostéoblastes et du tissu osseux, *Ibid.*, p. 361, 1898.

animales ne sont pas encore calcifiés et on peut en fixer les éléments comme ceux des tissus mous pour les débiter ensuite en coupes, sans décalcification préalable. Quand la substance osseuse, dite fondamentale, se développe aux dépens des ostéoblastes, ai-je

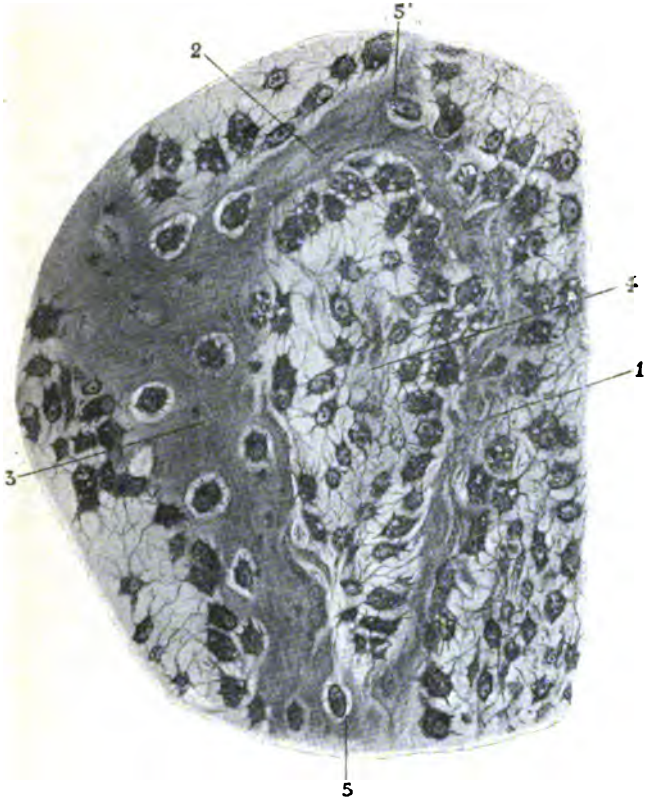


Fig. 1. — *Fragment de la diaphyse de l'humérus d'un embryon de chien long de 6 centimètres.* — Fixation par le liquide picro-sublimé-formol-acétique. Coloration par l'hématoxyline et le mélange éosine-orange-aurantia; coupe longitudinale. Stiassnie. Obj. 8. Ocul. 2.

1, trabécule de substance préosseuse; *2* et *3*, travées préosseuses contenant des cellules osseuses; *4*, tissu conjonctif réticulé; *5* et *5'*, ostéoblastes en voie de transformation en cellules osseuses.

dit (*loc. cit.*, p. 262), « on voit apparaître à ce niveau une sorte de traînée composée de fibrilles disposées en réticulum et circonscrivant des mailles remplies d'hyaloplasma. Du côté du tissu osseux, déjà formé, les fibrilles sont si serrées qu'elles paraissent accolées et finissent par constituer un tissu dense à aspect presque homo-

gène. Du côte opposé, c'est-à-dire vers l'ostéoblaste, les fibrilles sont plus distantes les unes des autres; elles sont courtes, se coupent à angle presque droit et figurent un réseau étroit, mais des plus réguliers ».

La comparaison des figures 1, 2 et 3 nous donne du développe-

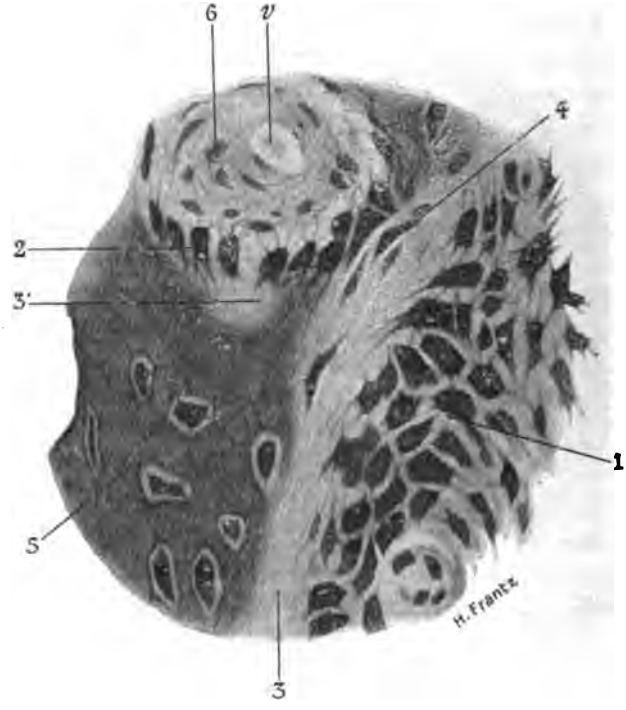


Fig. 2. — *Coupe d'une mâchoire de chien à la naissance.* — *1*, couche d'ostéoblastes avec la couche avoisinante de tissu conjonctif du périoste; *2*, ostéoblastes avec le tissu conjonctif réticulé (*6*) d'un espace médullaire de l'os; *3*, couche préosseuse; *3'*, couche préosseuse de l'alvéole médullaire; *4*, masses nucléaires et cytoplasmiques granuleuses de la couche préosseuse; *5*, travée osseuse; *v*, vaisseau sanguin.

ment de la substance osseuse une idée plus complète et plus nette que ne le ferait la description la plus détaillée. Le tissu préosseux (1 fig. 1; 3 et 3' fig. 2) ne représente (outre ses éléments cellulaires) qu'un lacis ou complexus de fibrilles serrées, granuleuses et très colorables par l'hématoxyline ou la thionine. Ces fibrilles anastomotiques dérivent directement du cytoplasma granuleux de l'ostéoblaste. Dans leur intervalle apparaît un protoplasma trans-

parent ou hyaloplasma. A mesure que la trabécule osseuse évolue (2 et 3 fig. 1 ; 1, 2, 3, fig. 3), l'hyaloplasma augmente d'étendue et les fibrilles granuleuses et anastomotiques forment un réseau plus épais, mais à mailles plus espacées. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la figure 5 (p. 219) pour se convaincre qu'avec l'âge cette diffé-

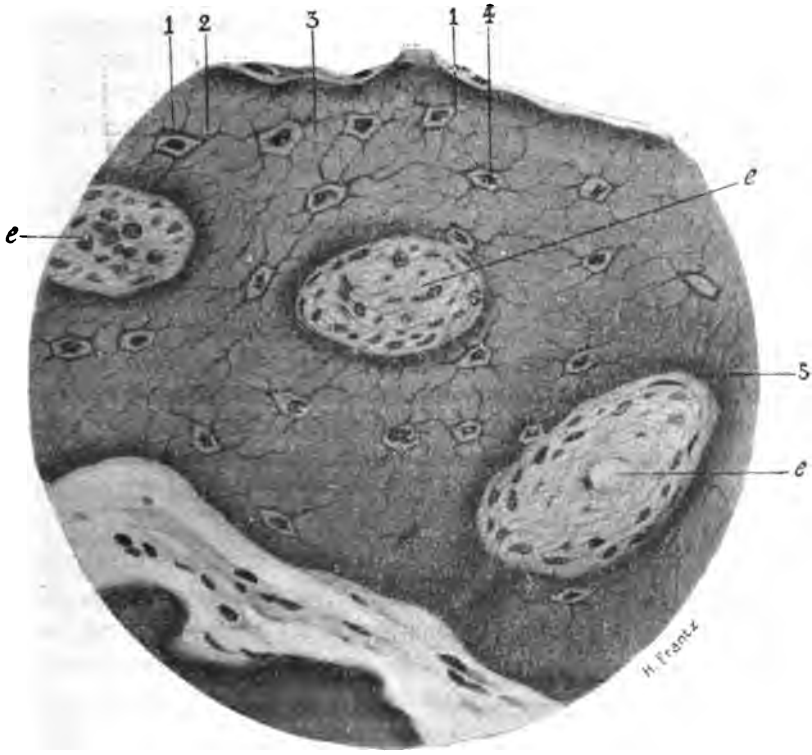


Fig. 3. — *Portion d'une coupe transversale de la diaphyse du radius d'un chat à la naissance.* — *e, e,* espaces médullaires; *1,* capsule; *2,* prolongement capsulaire ramifié; *3,* substance amorphe; *4,* cellule osseuse.

rence de structure se prononce et s'accentue davantage. Jusqu'aujourd'hui on a confondu les fibrilles granuleuses et anastomotiques du tissu préosseux et osseuses avec des fibres conjonctives et on les a nommées fibres de Sharpey, tandis que l'hyaloplasma a été pris pour un ciment (voir plus loin).

Si l'on compare d'autre part le tissu préosseux de la figure 1 au tissu de la figure 4 (os de merlan), on saisit aisément les analogies

de structure de la charpente préosseuse des mammifères et de l'os des poissons, tels que le merlan [1]. Dans les deux cas, les éléments cellulaires sont représentés par des cellules dont le noyau est entouré d'une zone de cytoplasma clair. Du cytoplasma périnucléaire partent des prolongements granuleux qui se prolongent jusque dans la trame préosseuse. La capsule manque chez le merlan et se produit secondairement chez les poissons tels que l'alose et chez les fœtus des vertébrés. Chez le merlan, le tissu préosseux peut s'imprégner de sels calcaires et persister chez l'adulte à cet état; chez l'alose et les autres vertébrés, le tissu préosseux se transforme en tissu osseux muni de capsules osseuses.

II. — Tissu osseux jeune. Historique.

Depuis longtemps on a vu, sur l'os macéré ou décalcifié, que le fœtus et le nouveau-né possédaient des travées osseuses dont la substance semblait constituée par un lacis de grosses fibres (tissu osseux dit grossièrement fibreux ou plexiforme). Plus tard, ces travées présentaient, au contraire, une alternance de lamelles homogènes et fibrillaires. De nombreuses théories ont été émises pour expliquer ces faits.

D'autre part, on a cru que l'os n'est qu'une variété de tissu conjonctif, de sorte qu'on a voulu retrouver, dans le tissu osseux, les fibres conjonctives (fibres de Sharpey) et les fibres élastiques des tissus de substance conjonctive. Le tissu osseux représenterait la forme la plus parfaite, le dernier terme de l'évolution du tissu conjonctif.

Deux citations empruntées à des ouvrages récents suffisent pour montrer combien cette doctrine, erronée à mon avis, est répandue.

Pour O. Hertwig [2], « le tissu cartilagineux et le tissu conjonctif peuvent enfin subir une nouvelle différenciation histologique. Ils peuvent sécréter des sels calcaires et se transformer en *tissu osseux*, dernière forme de la substance conjonctive »... « c'est l'ultime perfectionnement de l'appareil squelettique des vertébrés ».

1. Cette fig. 4 est la fig. 11 de mon mémoire de 1905, p. 621; malheureusement, dans ce dernier travail, elle a été si mal imprimée que les détails de structure y sont indistincts.
2. *Traité d'embryologie*, trad. franç., p. 611, 1900.

Ces lignes contiennent plusieurs erreurs : le tissu osseux se développe chez les embryons avec tous ses éléments organiques caractéristiques (cellules et substance osseuse) sans qu'il y existe encore des sels calcaires. C'est la charpente préosseuse qui continue, durant tout le développement du squelette osseux, à se former avant que les sels calcaires l'imprègnent. De plus, le tissu osseux n'est qu'une forme spéciale du tissu de soutènement et, à son stade ultime, il est capable de se transformer en tissu conjonctif, d'abord fasciculé, puis médullaire (voir plus loin p. 225).

C. Schneider[1] est un des rares histologistes qui insiste sur l'appari-

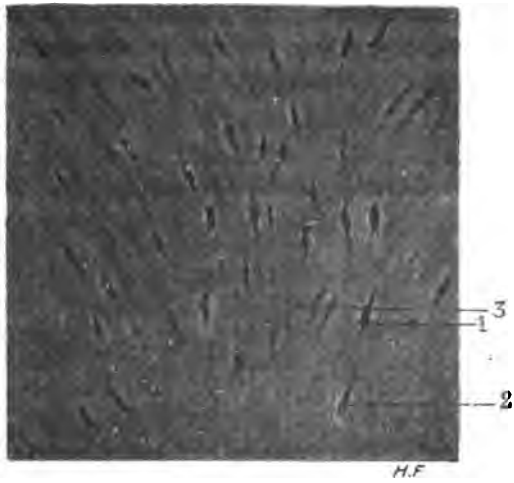


Fig. 4. — *Coupe longitudinale d'une apophyse dorsale de la colonne vertébrale de merlan.* — *1*, portion centrale de la cellule osseuse avec les prolongements protoplasmiques granuleux; *2*, cytoplasma, clair, périphérique; *3*, filaments de protoplasma granuleux de la substance osseuse.

tion de la substance organique de l'os avant son imprégnation par les sels calcaires. Mais il continue à admettre, à tort, à mon avis du moins, que les fibrilles de la substance osseuse sont de nature conjonctive, réunies entre elles par des restes de *substance fondamentale*. Cette dernière, (ciment des auteurs) se distinguerait, dans l'os définitif, de celle du tissu conjonctif par son union avec les sels calcaires.

Cette théorie de la transformation du tissu conjonctif en tissu osseux date de loin (voir mon Mémoire de 1905, p. 608). Elle prit un nouvel essor, lorsque Sharpey signala, en 1856, la présence de fibres conjonctives dans le tissu osseux (voir plus loin, p. 220).

1. *Lehrbuch der vergleichenden, Histologie*, p. 824, 1902.

Nous avons donc deux points à examiner :

1° Le mode suivant lequel se déposent les sels calcaires dans le tissu squelettique ;

2° Le développement de la trame osseuse.

A. *Mode suivant lequel se déposent les sels calcaires dans le tissu squelettique.* — On sait que les matières terreuses se déposent sous une forme figurée, à l'état de grains ou de grumeaux calcaires dans le cartilage en voie de calcification.

En suivant ces grumeaux du côté de l'os, on les voyait diminuer de volume, devenir indistincts, en même temps que la substance fondamentale prend une apparence claire et presque homogène. On expliquait ces phénomènes en admettant que la substance fondamentale du cartilage se transformait, par son union intime avec les sels calcaires, en substance fondamentale de l'os [1].

Pour Robin (article *cité* os, p. 26), la substance fondamentale de l'os se produit sous la forme de granulations isolées à contour foncé, à centre brillant comme le sont tous les granules des sels calcaires.

Plus loin (p. 113), Robin ajoute : les principes calcaires sont fixés, molécule à molécule, à l'osséine, à la manière de ce qui est pour tous les principes terreux ou insolubles en présence de tels et tels principes albuminoïdes. Cette fixation, plutôt que combinaison dans le sens d'union en proportions définies, a lieu sans qu'un état cristallin quelconque puisse être saisi alors même que les granules calcaires de la calcification sont relativement volumineux comme sur les poissons osseux, les tendons des oiseaux, etc.

D'après Kölliker (*loc. cit.*, p. 246), l'os frais est granuleux; sur les os qu'on fait bouillir dans la marmite de Papin, les grains deviennent très visibles, comme lorsqu'on écrase des os calcinés. Au contraire, les os traités par l'acide chlorhydrique présentent une substance complètement homogène, sans interstices. Kölliker se fonde sur ces faits pour admettre « que le tissu osseux consiste en un mélange intime de composés organiques affectant la forme de fines granulations étroitement unies entre elles ».

Dans la sixième édition allemande (1889, p. 284), Kölliker ne veut plus de l'aspect granuleux du tissu osseux; mais, comme je l'ai montré dans mon *Mémoire* de 1905, p. 588, il pense que la substance osseuse n'est composée que de fibrilles et de faisceaux de fibrilles qui s'entre-croisent.

B. Quant au *développement de la trame osseuse aux dépens des fibres* ou de la substance *conjonctives*, voici le résumé des principales théories.

Selon H. Müller [2], les fibres conjonctives ou de Sharpey préexistent dans le tissu osseux et s'y développent avant les lamelles osseuses. C'est à ces fibres que l'os jeune doit son apparence de *pin branchu*.

1. Voir Kölliker, *Éléments d'histologie humaine*, trad. franç., 1869, p. 783, et Rollett, *Manuel de Stricker*, p. 96.
2. *Würzburger naturwiss. Zeitschrift*, t. I et IV.

Pour Rouget[1] qui a étudié l'histogénèse des os dans la voûte du crâne, un blastème homogène et transparent s'epanche dans la substance conjonctive (fibreuse ou fibroïde). C'est dans ce blastème que se déposent les éléments de l'ossification. Mais, au milieu de tous ces changements, les cellules plasmatiques du tissu conjonctif sont restées intactes et reconnaissables encore à tous leurs caractères, dans l'intérieur des petites cavités déjà irrégulières et munies d'incisures, de la substance osseuse de la nouvelle formation.

« ... La persistance des cellules plasmatiques ou conjonctives au milieu de cette trame indique qu'elle est une simple modification, un retour à la forme primitive homogène de la substance intercellulaire conjonctive. »

Gegenbaur[2] après avoir découvert les cellules spéciales, ou ostéoblastes, qui président au développement du tissu osseux, s'éleva contre la théorie qui veut que le tissu osseux résulte d'une induration (*Sklerosirung*), des fibres conjonctives. Lieberkühn, par exemple, soutenait que le tissu conjonctif des membranes qui forment la voûte du crâne se transforme *in toto* en tissu osseux. (Voir plus loin, p. 225.)

Dans le frontal du poulet (voir fig. 4 de la pl. III de Gegenbaur), les travées osseuses contiennent des corpuscules osseux. Les extrémités des travées osseuses sont en continuité avec des cordons fibreux qui sont formés d'une substance molle, à fine fibrillation longitudinale. Ces faisceaux s'entrelacent souvent (durchflechten sich). Ce tissu fibrillaire présente les réactifs du tissu conjonctif, de sorte que le tissu conjonctif fibreux s'ossifie directement, c'est-à-dire qu'il se transforme, directement, en substance osseuse. Ces fibres conjonctives se chargent de fines granulations à partir de la travée osseuse; elles prennent ainsi un aspect rugueux et *se sclérosent*. En s'accumulant, les granulations confluent et confèrent une apparence homogène à la travée osseuse. A l'aide des acides, on constate que c'est le dépôt des sels calcaires qui a produit ces changements de forme dans la fibre conjonctive.

Entre les travées anastomosées du tissu osseux se trouvent des amas d'ostéoblastes, qui sont des descendants des cellules conjonctives situées entre les fibres conjonctives; mais, pour Gegenbaur, les fibres conjonctives se sclérosent avant que les descendants des cellules conjonctives se soient transformés en ostéoblastes. Ces ostéoblastes se rangent sur les travées conjonctives et excrètent ou déposent (lagern ab) de nouvelle substance osseuse qui élargit les travées sclérosées.

« En un mot, le tissu conjonctif fibreux, conclut Gegenbaur (1867, p. 232), fournit une charpente qui se calcifie et c'est sur cette charpente que se placent les ostéoblastes pour former de nouvelle substance osseuse (neue Knochensubstanz).

1. Corpuscules osseux et développement des os secondaires, *Journal de physiologie*, 1858, p. 773.

2. Ueber die Bildung des Knochengewebes, *Ienaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft*, t. I, p. 363, 1864, et t. III, p. 226, 1867.

Chez les mammifères, Gegenbaur étudia également l'ossification du frontal; mais ici (embryon humain ou de veau), les fibres conjonctives proviennent du périoste et se mettent en rapport avec les fibres de Sharpey. Les premières ébauches de substance osseuse se développent ici sans qu'elles soient en relation directe avec la charpente conjonctive ou fibreuse.

Sur le frontal d'un enfant de six mois (voir sa fig. 6, pl. III), les fibres de Sharpey forment un réseau. Vers le bord périostique, les cellules osseuses sont situées entre les fibres de Sharpey, tandis que, *dans les portions réticulées de la charpente, les cellules osseuses* (*Knochenkörperchen*) *se trouvent dans les points nodaux de la charpente.* Souvent, ajoute-t-il (*loc. cit.*, p. 233), une fibre de Sharpey prend naissance sur un corpuscule osseux et il renvoie à la figure 6 qui représente une coupe d'os du même enfant et dans laquelle les corpuscules osseux émettent des prolongements qui se divisent et s'anastomosent avec ceux des corpuscules voisins.

Les dessins et la description de Gegenbaur démontrent qu'il entend par « fibres de Sharpey » les prolongements granuleux et anastomotiques des capsules des cellules osseuses. Pour cet anatomiste, la substance osseuse ne serait constituée que par la masse amorphe (hyaloplasma) du tissu osseux.

Sur le métatarse du bœuf, on voit entre deux canaux de Havers des fibres perforantes, qui partent d'une partie moyenne et qui se dirigent vers les canaux de Havers.

Gegenbaur donne à la lame osseuse d'où partent à droite et à gauche les fibres perforantes, le nom de rhizome (Wurzelstock). Le rhizome séparerait les lamelles osseuses et constituerait le centre d'où rayonnent les fibres perforantes, qui se divisent souvent à angle aigu vers leur bout terminal.

Pour H. Müller, les cellules seraient à la surface des fibres. « Ces cellules (Knochenkörperchen), insiste Gegenbaur (*loc. cit.*, p. 236), ne se trouvent point entre la base des fibres de Sharpey; elles sont dans leur intérieur. Les corpuscules sont en relation intime avec les fibres perforantes. La substance de ces fibres constitue, dans le rhizome, la paroi des corpuscules; souvent celle-ci envoie des prolongements dans les fibres de Sharpey... Tout le rhizome représente un complexus de corpuscules osseux situé dans une substance qui émet des fibres. »

Pour Gegenbaur, les fibres perforantes ne seraient pas élastiques : dans la soude caustique, elles conservent d'abord leur contour net, pour se comporter ensuite comme le tissu conjonctif.

Dans le fémur de salamandre, Gegenbaur a vu des fibres perforantes identiques. « Partout le corpuscule osseux forme le point nodal de la fibre perforante » (*loc. cit.*, p. 239).

Quant à l'origine des fibres de Sharpey, Gegenbaur les regarde comme des prolongements des cellules conjonctives qui traversent perpendicu-

lairement les systèmes de lamelles osseuses et qui ne s'ossifient point. La substance osseuse même qui se développe aux dépens du tissu conjonctif résulte de l'induration ou sclérose de la substance intercellulaire du tissu conjonctif, tandis que les cellules conjonctives se transforment en corpuscules osseux. La substance intercellulaire qui est fibreuse s'ossifie seule dans le tissu conjonctif. Les éléments cellulaires du même tissu deviennent des ostéoblastes qui continuent à fournir de nouvelle substance osseuse sous la forme de lamelles, mais les prolongements des cellules conjonctives persistent à l'état de fibres perforantes.

Gegenbaur a confondu les prolongements de protoplasma granuleux des ostéoblastes avec les fibres conjonctives, et le cytoplasma homogène ou hyaloplasma avec une substance intercellulaire.

Sa description devient exacte si l'on fait les corrections que je viens d'indiquer; ses prétendues fibres de Sharpey deviennent du même coup les trabécules de protoplasma granuleux.

Frey[1] adopte toute la description et partage toutes les méprises de Gegenbaur : pour cet auteur, les fibres de Sharpey partent du périoste et traversent les lamelles fondamentales périphériques de l'os.

L'extrémité de ces fibres est souvent étalée en forme d'entonnoir; dans certains cas, elles s'allongent, se ramifient, etc. Dans beaucoup de points, elles forment un réseau à mailles tantôt larges, tantôt étroites. Dans les os longs des amphibies et des mammifères (Frey reproduit la figure de Gegenbaur qui représente une coupe de métatarse de veau), ce système de fibres est formé de colonnes longitudinales d'où partent des rameaux radiés qui se rendent au périoste et aux canaux de Havers en perforant les lamelles. Dans la substance même des fibres et surtout au niveau des points d'entre-croisement, on peut rencontrer des corpuscules osseux. Les fibres de Sharpey sont en communication avec le périoste et sont formées par des restes de substance conjonctive, c'est-à-dire par des faisceaux de tissu conjonctif qui existaient au moment du développement des lamelles; quant aux cellules renfermées dans les cavités osseuses, elles ont les caractères des cellules conjonctives (Gegenbaur). Les caractères chimiques des fibres calcifiées confirment ces données.

Frey prend, comme Gegenbaur, le protoplasma granuleux et ramifié qui entoure les cellules osseuses pour des fibres conjonctives. S'il en était ainsi, on serait en présence d'un tissu osseux qui manquerait de cellules osseuses et qui ne serait formée que : 1° par des lamelles hyalines de substance osseuse; 2° de cellules et de faisceaux conjonctifs. Un pareil tissu n'existe point.

V. Ebner (*loc. cit.*, p. 105), décrivant le tissu osseux d'un tibia de nouveau-né (fig. 20, pl. III) y signale une trame sombre, constituée par

1. *Traité d'histologie et d'histochimie*, trad. franç., 1877, p. 268.

de larges faisceaux de fibrilles. Ces faisceaux, épais de 2 à 27 μ sont séparés par des gaines de ciment. Entre les faisceaux se trouvent des corpuscules osseux de configuration singulière. Il rapproche cet aspect de la charpente trabéculaire décrite par Gegenbaur sur le métatarse du veau sous le nom de rhizome. Ebner croit que cette trame réticulée est constituée par des fibres de Sharpey, tandis que les lamelles osseuses font défaut chez l'enfant. Les lignes de ciment n'ont pas encore apparu. En un mot, conclut Ebner (*loc. cit.*, p. 107), c'est un réseau de grosses fibres qui constitue, chez l'enfant, la substance fondamentale de l'os; les lamelles osseuses ne se sont pas encore développées.

Ebner (*loc. cit.*, p. 128) admet trois sortes de tissu osseux : 1° le *tissu osseux plexiforme*, constitué par l'entre-croisement des fibres osseuses; 2° le *tissu osseux à fibres parallèles* et se reliant entre elles par des anastomoses; 3° le *tissu osseux lamellaire*.

Pour Kölliker[1], le tissu osseux du fœtus et du nouveau est « grossièrement fibrillaire ». Ce qui le caractérise, c'est la présence de très grosses *fibres de Sharpey*, lesquelles constituent essentiellement les trabécules osseuses. Les cellules osseuses sont, de plus, volumineuses et de forme très irrégulière; souvent elles sont réunies les unes aux autres et elles se trouvent au milieu de la trame feutrée des fibres de Sharpey. L'ensemble forme le rhizome de Gegenbaur.

Les os du fœtus et du nouveau-né ne montrent pas de disposition lamellaire.

Matschinsky[2] imprègne le tissu osseux au nitrate d'argent et trouve que le tissu osseux est constitué par des fibrilles conjonctives.

Souvent, dit-il, les faisceaux de fibrilles constituent un réseau feutré (filzartiges Geflecht).

Les photographies qui accompagnent le mémoire de Matschinsky sont très belles et conformes à la réalité; mais si on les compare à des coupes bien fixées et convenablement colorées, on se convainc qu'il s'agit, non point de fibres conjonctives, mais de prolongements granuleux et capsulaires abondamment ramifiés. (Les figures de Matschinsky sont superposables au dessin 1 de mon mémoire de 1905.)

Stöhr[3] fait les mêmes confusions : la substance fondamentale de l'os serait composée de fibrilles conjonctives ou collagènes, réunies entre elles par un ciment.

O. van der Stricht[4], après avoir fixé le tibia d'un fœtus de vache avec la liqueur de Flemming et coloré au carmin boracique, a trouvé à cet os un « aspect manifestement fibrillaire ». Ces fibres s'entre-croisent;

1. *Handbuch der Gewebelehre*, édit., 1889, p. 292.
2. Ueber die Structur des Knochengewebes, *Arch f. mik. Anatomie*, t. 46, p. 290, 1895.
3. *Lehrbuch der Histologie*, 10e édit., 1903, p. 76.
4. Recherches sur la structure de la substance fondamentale de l'os, *Archives de biologie* de v. Beneden, t. IX, 1889, p. 11 de l'extrait.

l'auteur les assimile à la substance osseuse plexiforme de Ebner, grossièrement fibrillaire de Kölliker. Les lamelles typiques font défaut à l'endroit où existe cette substance. Ces fibrilles sont le plus souvent en contact avec les cellules qui semblent appliquées sur les faisceaux, mais « très souvent on trouve un rapport plus intime encore : le protoplasma entourant le noyau donne lieu à un très long prolongement fibrillaire. En d'autres termes, le protoplasma cellulaire se prolonge parfois en un long filament, tantôt droit, tantôt flexueux présentant les mêmes caractères que les fibrilles constituant les travées grossières ».

Dans le limaçon osseux d'embryon de vache, O. v. der Stricht trouve une structure semblable. L'auteur ne se prononce pas sur la nature de ces fibrilles, mais il suppose qu'elles sont élaborées par des cellules conjonctives tandis que les ostéoblastes produisent la substance interfibrillaire, siège des sels calcaires.

Le tissu osseux serait *finement fibrillaire* ou *lamelleux* comme chez l'adulte ou *grossièrement fibreux* (plexiforme) comme chez le fœtus. Ce tissu osseux plexiforme contiendrait de grosses fibres de Sharpey, qui existeraient également dans les systèmes périphériques et intermédiaires du tissu osseux finement fibrillaire.

J. Schaffer[1] donne d'excellents conseils pour ne pas altérer l'os pendant la décalcification. Si l'on s'adresse à l'os embryonnaire non calcifié encore, il est possible d'étudier la substance organique du tissu osseux, comme on fait de tous les autres tissus. Or, dans ces conditions, on observe les mêmes faits que sur l'os adulte : la substance osseuse est composée d'un hyaloplasma contenu dans les mailles d'un réticulum figuré, lequel est colorable par l'hématoxyline. Il ne s'agit donc dans aucun cas de fibres conjonctives ou collagènes (*leimgebende Bindegewebe* de J. Schaffer). L'hyaloplasma du tissu osseux se comporte et se colore avec la fuchsine-résorcine, par exemple, tout autrement que ne font les fibrilles conjonctives. (Voir p. 218.)

Telles sont les rares indications que j'ai pu trouver dans les auteurs sur le mode de développement de la substance osseuse. Il est vrai que les histologistes décrivent dans l'os une charpente conjonctive formée de fibrilles collagènes et un ciment interfibrillaire. Il en résulte implicitement que les fibrilles soi-disant conjonctives se développent dans une substance intercellulaire ou aux dépens de cellules, de sorte que le ciment représenterait forcément le reste de la substance formative ou un produit d'élaboration secondaire.

Mes recherches ne m'ont rien montré de semblable : qu'on

1. Versuche mit Entkalkungsflüssigkeiten, *Zeitschrift f. wissensch. Mikroskopie* t. XIX, 1902, p. 308.

examine l'os embryonnaire ou la couche préosseuse d'un jeune animal, on observe toujours, dans les régions où le tissu osseux se développe, une couche d'*ostéoblastes*. Ce sont des cellules riches en protoplasma granuleux et colorable. Aux dépens de ce cytoplasma granuleux prend naisssance une couche protoplasmique composée d'un réseau hématoxylinophile et d'un hyaloplasma dense qui en remplit les mailles et qui fixe énergiquement l'éosine, l'orange et l'aurantia. Le reste de l'ostéoblaste, c'est-à-dire le noyau, une mince zone périnucléaire hématoxylinophile, puis une zone périphérique claire se délimite, par la formation d'une capsule, d'avec la couche de cytoplasma réticulé et dense. Ce dernier, situé entre les capsules, représente l'ébauche de la substance osseuse ou intercellulaire. Examiné à un faible grossissement, la substance osseuse ou plutôt préosseuse, car elle est encore privée de sels calcaires, paraît homogène. Colorée d'une façon intense et étudiée à un fort grossissement, la substance préosseuse montre un réticulatum très serré d'une substance finement granuleuse dont les mailles très étroites sont remplies par de l'hyaloplasma. A mesure que ce tissu osseux ou mieux préosseux évolue, les fibrilles du réticulum se transforment en fibres épaisses à nombreuses branches latérales qui se divisent et s'anastomosent avec leurs congénères. L'hyaloplasma devient plus abondant et se calcifie tout en restant homogène. Les trabécules de protoplasma granuleux, ainsi que la capsule, élaborent de fines formations élastiques. Dans l'os adulte, les trabécules granuleuses et élastiques constituent les zones ou lamelles *sombres*, tandis que l'hyaloplasma traversé ou cloisonné incomplètement par les dernières ramifications du protoplasma granuleux détermine la formation des zones ou lamelles osseuses, *claires*. Il n'y existe ni fibrilles conjonctives ni ciment.

III. — Zones limitantes de protoplasma granuleux.

La figure 5, qui représente un fragment osseux de l'occipital d'un chien adulte, montre en 1 et 2 des lignes à trajet irrégulier, à angles alternativement rentrants et saillants. Ces lignes s'observent au point de rencontre des systèmes de Havers ou entre ces derniers et les systèmes intermédiaires, périphériques ou périmédullaires.

On en voit même entre les lamelles osseuses, appartenant à un même système. Si l'on colore avec l'hématoxyline les coupes d'os bien fixés, ces lignes prennent les mêmes teintes que les trabécules ou zones de protoplasma granuleux, mais elles ont une épaisseur plus considérable (5 à 7 μ). En parcourant des coupes

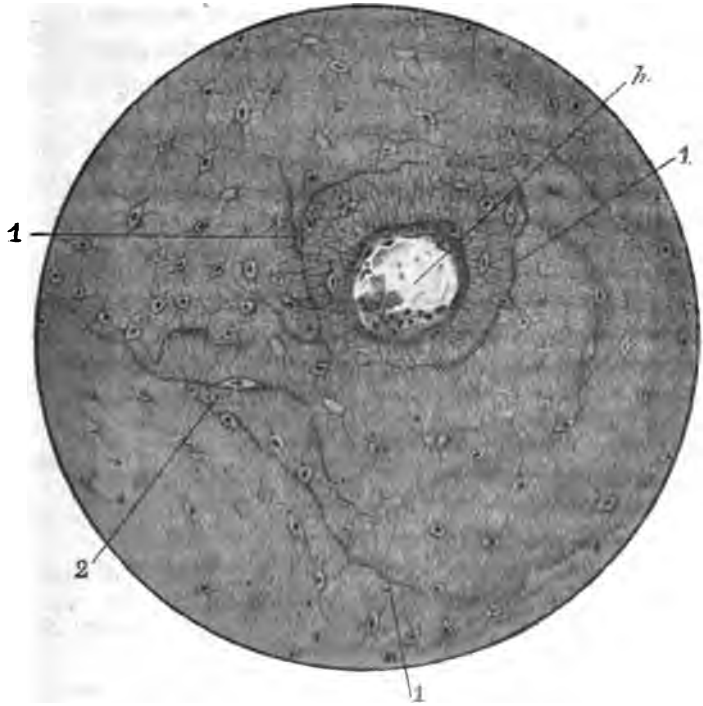


Fig. 5. — *Portion d'une coupe d'occipital de chien adulte.* — Fixation par la solution picro-sublimé-formol-acétique. Coloration par l'hématoxyline et la solution aqueuse d'éosine, orange, aurantia. Stiassnie. Obj. 7. Oc. 2.

1, 1, 1', zones ou lamelles limitantes de protoplasma sombre; *2*, cellule osseuse comprise dans une lamelle sombre limitante; *h*, canal de Havers.

sériées, on y aperçoit de distance en distance (fig. 5 en 2) des cellules osseuses entourées chacune d'une capsule. Des deux faces de la ligne partent des ramifications de protoplasma granuleux qui s'étendent dans les zones claires adjacentes. Ce qui distingue ces lignes, c'est leur grande extension et le développement considérable qu'y prennent les prolongements capsulaires partant des extrémités des capsules; ce sont, de plus, l'abondance des ramifi-

cations latérales qui restent courtes et la rareté de l'hyaloplasma ou masse amorphe qui se produit entre ce fin réticulum granuleux.

Si l'on traite les coupes d'os adultes avec la fuchsine-résorcine, on remarque, dans ces lignes, des fibres élastiques qui partent des capsules et qui parcourent la plus grande longueur de la ligne.

Ces divers caractères montrent que les lignes ne sont que des zones d'un protoplasma granuleux identique à celui des lamelles sombres ordinaires. Elles représentent des lamelles sombres d'une grande étendue où le protoplasma granuleux prend un développement plus grand que l'hyaloplasma.

Chez l'adulte, elles élaborent des fibrilles élastiques comme toutes les zones sombres. (Voir plus loin, p. 216.) Elles méritent donc le nom de *zones limitantes de protoplasma granuleux et élastiques.*

Historique des zones limitantes sombres.

Kölliker le premier, dans sa *Mikroskopische Anatomie* (p. 284, fig. 84), a figuré une lamelle limitante sombre entourant un système de Havers et présentant un trajet sinueux. Dans le texte, l'auteur n'en fait pas mention.

Pour Tomes et de Morgan[1], les systèmes de Havers se développent dans des espaces qui sont limités par une bordure dentelée.

Le contour sinueux de cette bordure serait dû à la destruction ou résorption de la substance osseuse.

Ebner (*loc. cit.*, t. 72, 1875, p. 87 et suivantes) a donné le premier une description soignée des zones limitantes de protoplasma. Mais pas plus que ses prédécesseurs, il n'a appliqué les colorants à l'étude de ces zones.

Il n'a pas trouvé ces lignes dans les os fœtaux ou ceux des jeunes individus. Chez l'adulte, elles sont si abondantes qu'elles donnent à la coupe de l'os un aspect caractéristique. Les lamelles osseuses claires semblent interrompues par la présence de ces lignes et les canalicules osseux ne les traversent point. Pour ces diverses raisons, Ebner propose de les désigner sous le nom de *lignes de ciment* (Kittlinien), parce qu'elles servent de lignes d'union entre les lamelles osseuses.

Les propriétés optiques et microchimiques des zones limitantes sombres ne parlent pas en faveur de l'opinion d'Ebner. Nous savons (voir mon *Mémoire* de 1905, p. 587) que cet auteur a décrit déjà sous le nom de *ciment* l'hyaloplasma de la substance osseuse imprégné de matières terreuses.

1. *Philosophical Transactions of the royal Soc. of London*, 1853, p. 110.

Or désigner sous le nom de *ciment* l'hyaloplasma d'une part, le protoplasma granuleux de l'autre, ne me semble pas heureux. Nous ignorons d'ailleurs la signification de ces lamelles étendues de protoplasma granuleux. Pourquoi de distance en distance les prolongements capsulaires prennent-ils un grand développement, tandis que l'hyaloplasma reste fort réduit? Ebner pense que sur l'une de ses faces, la lamelle limitante préside à la résorption du tissu osseux, tandis que sur l'autre face, il se fait une apposition de nouvelles lamelles osseuses.

Le fait ne me paraît nullement prouvé.

Pour Kölliker (*Manuel*, 1889, p. 286), les lignes de ciment ou Kittlinien de Ebner, ne seraient pas constituées par une substance spéciale. Aussi préfère-t-il le terme « Grenzlinien » ou lignes limitantes.

En résumé, les cellules osseuses élaborent des lamelles de protoplasma alternativement sombre et clair. Chez l'adulte, l'étendue des lamelles claires est supérieure à celle des lamelles sombres; mais, de distance en distance, dans un même système et surtout au point de contact des systèmes d'ordre différent, il persiste une rangée de cellules osseuses dont les prolongements capsulaires deviennent longs et larges, et les ramifications latérales, quoique nombreuses, restent fort courtes. Il en résulte la formation de lamelles sombres qui subdivisent le tissu osseux en territoires distincts, bien que continus. Ce sont les *lamelles limitantes granuleuses et sombres*, dans lesquelles se développent chez l'adulte, de longues fibrilles élastiques (voir p. 216).

IV. — Fibres conjonctives et élastiques du tissu osseux.

Comme nous le verrons à l'historique, ce point de structure du tissu osseux est devenu un chaos. Pour le débrouiller, il est nécessaire de diviser le sujet et d'examiner à part, les éléments accessoires de l'os (périoste et prolongements du périoste dans le tissu osseux) ensuite la trame osseuse elle-même.

A. *Périoste des animaux en voie de croissance.* — La figure 2, p. 200, représente la couche interne du périoste d'un chien à naissance; on y voit une couche de tissu conjonctif constituée par des cellules étoilées et anastomosées. En dedans, c'est-à-dire du côté de l'os, ces cellules se transforment en ostéoblastes 1, qui élaborent la couche préosseuse (3 et 4). En dehors, le tissu conjonctif réticulé

est recouvert par une couche fibreuse et élastique (fibro-élastique des auteurs) qui, chez le chien nouveau-né, est déjà très riche en fibres élastiques. Il suffit de colorer une coupe avec la fuchsine-résorcine pour se rendre compte de la richesse de la fibro-élastique en faisceaux conjonctifs et en fibres élastiques. Ces dernières ont surtout une direction longitudinale; elles sont essentiellement parallèles entre elles, mais par place on aperçoit des bifurcations, ce qui indique que les fibres élastiques forment un réseau à mailles très allongées.

Sur le tibia d'un chien de trois mois, en voit que, de distance en distance (de 0 mm. 2 à 0 mm. 4), la lamelle externe du tissu osseux est interrompue : en ces points, la tunique fibro-élastique, un peu épaissie, passe, comme une sorte de pont. De la face interne de ce dernier part un prolongement de tissu conjonctif réticulé, épais de 20 à 30 μ qui se continue avec le tissu conjonctif des aréoles osseuses. Les faces de ce prolongement conjonctif sont revêtues d'une couche d'ostéoblastes qui est séparée du tissu osseux par une lame de tissu préosseux, épaisse de 15 μ environ.

En résumé, chez les jeunes animaux en voie de croissance, le périoste, quoique très riche en fibres élastiques, communique avec l'intérieur de l'os par des tractus conjonctivo-cellulaires qui manquent de fibrilles élastiques.

Sur les os de la voûte du crâne d'un cobaye âgé de six semaines, on aperçoit ces mêmes prolongements du périoste, mais la couche externe du périoste ne montre qu'un réticulum très délié de fibrilles élastiques.

B. *Périoste des animaux adultes.* — Dans le périoste de l'adulte (chien de huit ans), il n'y a pas lieu de distinguer une tunique fibro-élastique et une tunique plus interne, conjonctive ou fibreuse. Le périoste constitue un revêtement épais de tissu fibreux et élastique. Sa face interne est continue avec le tissu osseux et lui est unie d'une façon si intime qu'il est fort difficile de dire où finit le périoste et où commence l'os. Les prolongements du périoste qui pénètrent de distance en distance dans l'os sont formées également de faisceaux fibreux dans lesquels on aperçoit des fibrilles élastiques. Ce sont ces prolongements qui contiennent les vaisseaux sanguins et qui communiquent plus profondément avec les espaces médullaires. C'est à ces prolongements que de nombreux auteurs,

ont donné le nom de fibres de Sharpey ou fibres perforantes. (Voir l'historique p. 221.)

V. — Fibres conjonctives et élastiques du tissu osseux proprement dit.

La plupart des auteurs qui décrivent les fibrilles conjonctives ou élastiques du tissu osseux ont employé la macération et la calcination qui détruisent tous les éléments non calcifiés de l'os. De sorte que ces vides ont été interprétés comme occupés sur le vivant par des fibres conjonctives ou élastiques. Ici, comme dans l'étude des autres parties de l'os, il convient de fixer l'os frais et de colorer convenablement tous les éléments conservés ainsi. Il faut, de plus, traiter les fragments osseux par les acides et en comparer les coupes aux pièces fixées et colorées.

A. *Tissu osseux des fœtus et des nouveau-nés.* — L'os des embryons, des fœtus et des nouveau-nés montre le tissu osseux tel qu'il est représenté dans les figures 1, 2, 3, p. 199, 200 et 201 : entre les cellules osseuses, la substance osseuse se caractérise par l'abondance des prolongements capsulaires, formés de protoplasma granuleux et la rareté relative du protoplasma amorphe ou hyaloplasma. Nulle part, il n'existe dans le tissu osseux proprement dit de fibres conjonctives ou collagènes.

B. *Tissu osseux de l'adulte.* — Les figures 5 et 6 montrent que chez l'adulte le tissu osseux présente encore les mêmes éléments que dans le jeune âge; seulement l'hyaloplasma prend un développement plus considérable par rapport au réseau de protoplasma granuleux. De plus, les cellules osseuses, colorées par la safranine et l'hématoxyline sont entourées d'une ligne à double contour, épaisse de 1 μ à 1 μ 5. Cette ligne a reçu le nom de capsule; elle se teint en violet foncé ou en noir.

Du côté interne, cette ligne semble lisse et bien limitée; la face externe, au contraire, donne naissance à une série de prolongements qui se divisent, s'anastomosent et qui présentent la même coloration que la capsule elle-même. Dans les mailles du réseau formé par les prolongements capsulaires est contenue la masse amorphe, safraninophile, de la substance osseuse.

La thionine, le bleu de toluidine, etc., fournissent des images identiques aux précédentes, en ce qui concerne la capsule et les prolongements capsulaires. En d'autres termes, les colorants susmentionnés permettent de dire que les capsules et les prolongements capsulaires sont constitués par un protoplasma granuleux.

Si, d'autre part, l'on traite les coupes de la même série que les précédentes avec l'orcéine acide ou la fuchsine-résorcine, il est possible de faire une analyse plus complète des capsules et de leurs prolongements. On sait que ces colorants sont les réactifs par excellence des fibres élastiques. Or les fibres élastiques existent serrées et nombreuses dans le périoste, fines et espacées dans le tissu conjonctif des espaces médullaires, les canaux de Havers ou de Volkmann. Il est donc facile de comparer à tout moment, dans une seule et même préparation, les divers éléments auxquels l'orcéine ou la fuchsine acide communiquent la teinte caractéristique variant entre le brun saturé, le violet foncé ou le noir.

Constamment ces réactifs communiquent au contour interne des capsules osseuses la coloration des fibres élastiques. Ce contour interne se présente sous la forme d'une ligne continue, mince et non mesurable, qui tranche sur le protoplasma incolore de la cellule osseuse. De divers points, et surtout de chacune des extrémités de la capsule partent des ramuscules qui sont colorés comme le contour interne de la capsule. Quelques-uns de ces ramuscules, et, spécialement ceux qui correspondent aux extrémités de la cellule, arrivent à joindre les ramuscules similaires des cellules voisines, de sorte qu'il en résulte une traînée élastique continue entre les éléments adjacents.

Dans les zones granuleuses limitantes, dites lignes de ciment, on observe des fibres élastiques épaisses de 1 à 2 μ et d'une grande longueur. Dans les préparations qui ont été préalablement traitées par le carmin aluné, et ensuite par la fuchsine-résorcine, les noyaux des cellules osseuses sont teints en rose comme ceux des cellules conjonctives ; mais ils offrent de plus un contour et des granulations sombres qui font défaut dans les noyaux du tissu conjonctif. Il semble donc que le noyau des cellules osseuses possède une constitution propre, en rapport avec la fonction du protoplasma cellulaire et, par conséquent, avec l'élaboration dont celui-ci est le siège.

Les fibrilles élastiques qui se produisent dans le tissu osseux proprement dit (capsule, prolongements capsulaires et lignes de ciment) sont indépendantes du réseau élastique du périoste ou des espaces médullaires, car on ne voit pas les fibrilles élastiques se développer ou traverser les couches osseuses de nouvelle formation (couche préosseuse).

En résumé, la capsule osseuse est composée d'un protoplasma granuleux qui se colore d'une façon intense par l'hématoxyline, la thionine ou le bleu de toluidine. Les prolongements capsulaires sont constitués par le même protoplasma granuleux. En divers points (à la face interne de la capsule et dans les principaux prolongements capsulaires), ce protoplasma granuleux et hématoxylinophile élabore des fibrilles élastiques.

Le tissu osseux se comporte à cet égard, comme la trame du ganglion lymphatique ou le tissu conjonctif du derme[1] : le protoplasma granuleux des cellules forme, dans les deux tissus, un réseau également granuleux dont les mailles contiennent soit de l'hyaloplasma soit des fibrilles conjonctives. Seulement le protoplasma hématoxylinophile ne persiste pas partout sous cette forme et avec cette composition; en divers points, il élabore des fibrilles élastiques dont le réseau ne prend pas un développement et une extension aussi considérables que le réseau de protoplasma granuleux.

En un mot, la capsule des cellules osseuses et les prolongements capsulaires sont composés d'un protoplasma granuleux, hématoxylinophile qui se transforme *partiellement* en fibrilles ou formations élastiques.

C. *Trame réticulée de la substance osseuse.* — J'ai montré, dans mon mémoire de 1905, que les capsules émettent des prolongements de protoplasma granuleux qui se ramifient et se subdivisent pour constituer un réseau qui contient l'hyaloplasma de la substance osseuse.

Ce protoplasma granuleux élabore des fibrilles élastiques sur l'animal adulte. Le procédé le plus simple pour le mettre en évidence et pour conserver tous les éléments en place consiste à plonger un fragment d'os frais dans la liqueur picro-chlorhydrique.

1. Voir Retterer, *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1901, p. 493, et 1904, p. 358.

Au bout de quelques heures, l'os est suffisamment décalcifié pour être débité, entre deux morceaux de moelle de sureau, en minces coupes. Examinées dans l'eau ou la glycérine, ces coupes montrent un réseau de fibres à double contour qui occupent les capsules, les lamelles osseuses sombres et leurs ramifications principales. La substance qui forme les fibres à double contour est granuleuse et présente une teinte rosâtre. Elle se détache nettement sur le fond transparent de la préparation et figure un réticulum des plus élégants. Ce réticulum correspond et est superposable au réseau de protoplasma de la figure 3, p. 201.

Pour déterminer la nature de ce réseau et voir l'évolution du protoplasma granuleux, il est nécessaire, après avoir avoir fixé un fragment du même os adulte, de colorer les coupes les unes à l'hématoxyline, les autres à la fuchsine-résorcine. On obtient ainsi des images comparables. Elles montrent que le réseau susmentionné est hématoxylinophile et, que, de plus, il contient un réticulum élastique occupant les capsules et les prolongements capsulaires principaux. La fuchsine-résorcine ne se porte pas uniquement sur le réticulum élastique; elle teint faiblement la masse amorphe de la substance osseuse qui prend une coloration diffuse foncée. C'est là un caractère microchimique qui la distingue nettement des faisceaux conjonctifs.

D. *Transformation du tissu osseux en tissu conjonctif fibreux.* — Lorsqu'on étudie, sur des coupes sériées, le tissu osseux des os de la voûte du crâne par exemple, du chien et du cobaye adultes, on observe, outre la moelle osseuse, d'épaisses lames de tissu conjonctif fasciculé. La figure 6 en représente un petit territoire. En partant du tissu osseux qui possède la structure ordinaire, on voit qu'il se continue avec des traînées de fibres épaisses de 5 à 7 μ. Ces fibres fixent énergiquement la fuchsine acide et sont fasciculées. Entre les fibres se trouvent des cellules étoilées ayant tous les caractères des cellules conjonctives. Comme ces dernières, leur protoplasma émet des prolongements granuleux qui se colorent par l'hématoxyline et se relient aux prolongements homologues des cellules voisines pour constituer un réticulum. De prime abord, je pensais que ces territoires conjonctifs provenaient du périoste, mais une étude attentive m'a montré qu'ils se développent différemment. En effet, si l'on examine le tissu osseux avoisinant,

on constate que ces territoires conjonctifs sont la continuation directe des lamelles osseuses. De plus, on voit, sur la limite de ces territoires, le tissu osseux se modifier : la capsule des cellules osseuses devient indistincte, puis disparaît; l'espace clair, périnucléaire, augmente et les prolongements de protoplasma granuleux

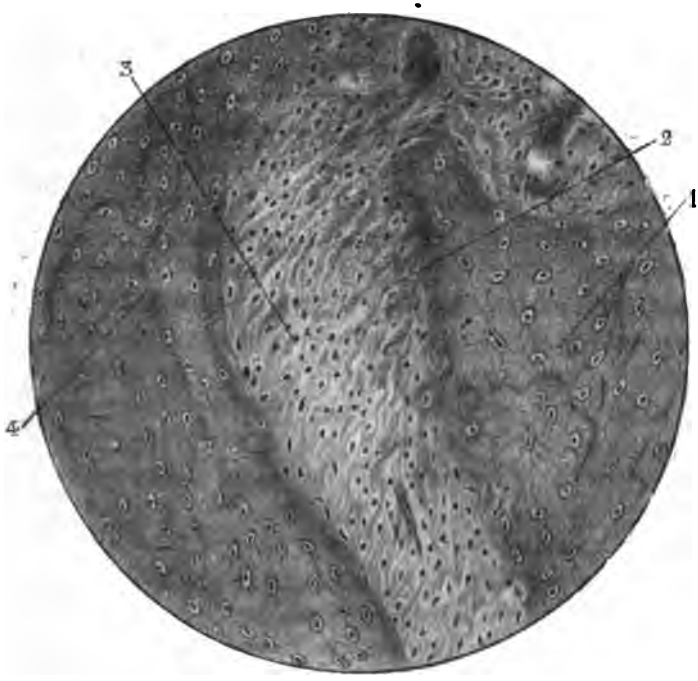


Fig. 6. — *Portion centrale d'un occipital de chien adulte.* — Même fixation que pour la figure 5; coloration par l'hématoxyline et la fuchsine acide.
4, lames osseuses, réunies par un faisceau de tissu conjonctif fibreux (3); *2*, lamelles osseuses en voie de transformation fibreuse.

de la cellule osseuse s'accentuent et s'allongent pour se relier à ceux des cellules voisines. Dans l'hyaloplasma ou masse amorphe de la substance osseuse, il se produit une modification morphologique beaucoup plus frappante; cet hyaloplasma prend un aspect fibrillaire et fixe la fuchsine acide d'une façon beaucoup plus intense que ne fait la masse amorphe de la substance osseuse. En un mot, l'hyaloplasma du tissu osseux s'est transformé en éléments figurés et a évolué en tissu conjonctif fasciculé.

Autrement dit, les lamelles osseuses peuvent, au stade ultime de leur évolution, se changer en tissu conjonctif fasciculé. La capsule osseuse se résorbe, la cellule osseuse prend les caractères et les propriétés de la cellule conjonctive, pendant que l'hyaloplasma perd ses sels calcaires et élabore des fibrilles conjonctives ou collagènes, comme fait l'hyaloplasma des autres variétés de tissu conjonctif, lorsqu'il devient fibrillaire.

Ultérieurement, ce tissu conjonctif dense ou fasciculé subit une régression analogue à celle dont les faisceaux conjonctifs du derme sont le siège, quand ce dernier se transforme en tissu conjonctif lâche ou sous-cutané. Ce processus aboutit au développement de la *moelle osseuse* de l'adulte que je n'étudierai pas dans le présent travail.

VI. — Tissu conjonctif et élastique du tissu osseux; fibres de Sharpey. — Historique.

Les descriptions que donnent les auteurs des fibres conjonctives et élastiques du tissu osseux sont tellement confuses que je crains de n'avoir pas toujours saisi leur pensée. Je comparerai leurs relations à ce que j'ai observé moi-même et je grouperai les opinions sous les chefs suivants : 1° Les fibres de Sharpey sont les prolongements conjonctifs et élastiques du périoste.

2° Les fibres de Sharpey correspondent à la substance amorphe du tissu osseux.

3° Les fibres de Sharpey représentent le réseau protoplasmique ou élastique du tissu osseux.

4° Les fibres de Sharpey sont les unes des faisceaux conjonctifs du périoste qui se prolongent dans l'os, les autres correspondent au réseau protoplasmique de la substance osseuse, d'autres encore à des faisceaux conjonctifs, qui se développent aux dépens de l'hyaloplasma lors de la disparition de la substance osseuse.

1° *Les fibres de Sharpey sont des prolongements conjonctifs du périoste.* Sharpey[1] a vu, sur les os plats ou longs, décalcifiés, des fibres qu'on aperçoit lorsqu'on isole les lamelles osseuses. Ces fibres ont un trajet perpendiculaire aux lamelles et, lorsqu'on sépare les lamelles les unes

1. *Quain's Anatomy*, 6e édit., 1856, p. 120.

des autres, on les voit se détacher des bords des lamelles. Sur le bord opposé de la lamelle voisine, on voit l'espace creux qui était occupé par la fibre de Sharpey.

Voici ce que j'ai pu lire dans la 2e édition de Sharpey[1] : « In many instances the lamellae are perforated by fibres, or rather bundles of fibres » à direction perpendiculaire ou oblique par rapport aux lamelles osseuses. On les voit sur les coupes d'os secs ou décalcifiés. Ce sont les *fibres perforantes* (perforating fibres). Elles sont disposées à la façon de pointes ou de clous plantés dans une planche.

« The perforating fibres, or rather bundles of fibres, for the most agree in character with the white fibrous tissue. »

La figure XLVII de Sharpey, qui est empruntée à une coupe de pariétal humain, représente des travées en forme de cônes dont la base est implantée sur l'os et dont la pointe est libre. La largeur de la base est de 5 μ. Ces travées, distantes de 25 μ en moyenne, ne peuvent être que le tissu conjonctif des canaux de Volkmann ou de Havers. Le dessin ne comprend, en effet, outre ces travées conjonctives, que des lamelles composées de tissu réticulé (reticular fibres) et des corpuscules osseux.

A l'époque où Sharpey a découvert ces fibres, on ne connaissait guère les cellules conjonctives, de sorte que sa description ne peut s'appliquer qu'aux faisceaux de tissu conjonctif qui s'étendent du périoste dans l'intérieur de l'os.

H. Müller[2] a vu ces fibres dans les lamelles osseuses formées par le périoste : leur longueur y est de 3 mm., l'épaisseur de 0 mm. 002 à 0 mm. 005 et même parfois de 0 mm. 015.

Pour H. Müller, les fibres perforantes sont des traînées conjonctives qui réuniraient le tissu conjonctif à l'os embryonnaire. Elles s'accroîtraient à mesure que l'os se développe et se calcifieraient plus tard. Si ces fibres ne se calcifient point, on trouve sur l'os sec, à leur place, les tubes (perforating tubes) de Tomes et de Morgan.

H. Müller, faisant agir l'acide acétique ou azotique ou bien la potasse caustique sur l'os, trouva dans les fibres de Sharpey, des fibres élastiques. Les fibres élastiques étaient contenues dans les fibres de Sharpey; elles étaient anastomosées et en relation avec celles du périoste. Ces fibres élastiques accompagnent les traînées conjonctives qui de distance en distance passent du périoste dans l'os, dans l'intervalle des lamelles osseuses.

Tout en ne recherchant que la répartition des fibres élastiques dans le périoste et l'os, K. Schulz[3] parle à tout propos des faisceaux conjonctifs qui se prolongent du périoste dans le tissu osseux. Cet auteur employa

1. *Quain's Elements of Anatomy*, 7e édit., 1867, t. I, p. xcvi.
2. *Ueber Sharpey's durchbohrenden Fasern im Knochen Würzburger naturwissenschaftlique Zeitschrift*, vol. I, p. 296, 1860.
3. Das elastische Gewebe des Periosts und der Knochen, *Anatomische Hefte*, t. VI, 1896, p. 119.

la méthode d'Unna-Tänzer, c'est-à-dire l'orcéine pour la recherche des fibres élastiques dans le tissu osseux et commence par l'étude de ces fibres propres au périoste.

A. *Fibres élastiques du périoste.*

K. Schulz décrit au périoste : 1° une *tunique adventice*; 2° une *tunique fibro-élastique* et 3° la *couche ostéoblastique* de Strelzstoff.

Les fibres élastiques sont rares dans l'adventice du nouveau-né et de l'adulte. Cette couche est très vasculaire.

Quant à la *couche* ou *tunique fibro-élastique*, elle est très riche en fibres élastiques, qui présentent surtout une direction longitudinale. La tunique élastique est peu vasculaire. Aucune de ses fibres élastiques ne pénètre dans la couche d'ostéoblastes.

La couche d'ostéoblastes a le quart ou le tiers de l'épaisseur de la couche fibro-élastique; elle est dépourvue totalement de fibres élastiques, sauf au niveau des vaisseaux sanguins qui la traversent pour pénétrer dans l'os.

La couche d'ostéoblastes, dit Schulz (*loc. cit.*, p. 135) est composée de cellules de figure diverse, mais surtout fusiformes, qui sont incluses dans une substance fondamentale finement fibrillaire. Vers l'os, ces cellules prennent la forme d'éléments épithéliaux, c'est-à-dire deviennent des ostéoblastes.

Les fibres de Sharpey (faisceaux conjonctifs, qui du périoste se prolongent dans l'os) sont constituées par les éléments de la couche ostéoblastique, mais elles sont renforcées par des faisceaux émanant de la couche fibro-élastique.

Dans les os du crâne, dit Schulz (*loc. cit.*, p. 137), il n'existe pas de couche fibro-élastique. Autrement dit, il n'y a qu'une fibreuse suivie d'une mince couche d'ostéoblastes. La couche externe de la dure-mère (endoste) qui fait fonction de périoste, possède la même structure que le périoste.

Chez l'adulte, le périoste est deux à trois fois plus épais que chez le nouveau-né. La principale différence consiste dans la transformation, chez l'adulte, de la couche ostéoblastique en tissu fibreux. Les nombreux éléments cellulaires qu'on y observe chez le nouveau-né font défaut chez l'adulte. Avec l'orcéine, on voit que la couche ostéoblastique a été absorbée par la fibro-élastique [1]. Aussi cette dernière s'étend-elle jusqu'à la surface externe de l'os.

Ni chez le nouveau-né, ni chez l'adulte, les fibres élastiques ne forment de réseau dans la couche fibro-élastique du périoste.

Dans le périoste du crâne l'os est recouvert d'une *tunique fibreuse* interne et d'une *fibro-élastique* (externe).

B. *Fibres élastiques de l'os.* — Chez le nouveau-né, il n'existe pas trace

1. *Hier zeigt sich, dass die osteoblastische Schicht unter Rückbildung der Osteoblasten-Lage in die Fibro-Elastica einbezogen worden ist.*

également de fibre élastique dans aucun os du squelette. Ebner et Kölliker ont déjà soutenu cette opinion.

Dans les os longs de l'adulte, on observe des fibres élastiques dans les fibres de Sharpey qui pénètrent dans l'os. Ebner ne les a pas vues, mais Kölliker les signale et K. Schulz confirme le fait. De plus, il y aurait, selon Kölliker et Schulz, des fibres élastiques qui pénétreraient dans l'os indépendamment de celles qui y arrivent par les fibres de Sharpey. Ces fibres élastiques émanent de la couche fibro-élastique du périoste.

Schulz se range à l'avis de Kölliker et soutient que les lamelles osseuses du système périphérique contiennent surtout des fibres élastiques. Il est surprenant, dit Schulz, que les fibres élastiques deviennent plus pâles, à mesure qu'elles s'éloignent du périoste. Schulz explique le fait par la régression de fibres élastiques et leur disparition dans le tissu osseux [1]. Kölliker et Schulz ont vu des fibres élastiques dans les systèmes de Havers. De même la coloration que prend la bordure interne des canaux de Havers semble sa nature élastique. Il s'agirait là d'une membrane ou d'un revêtement élastique.

Dans les os du crâne de l'adulte, il n'existe pas de fibre élastique.

Voici les conclusions de Schulz :

Dans le *périoste des os longs*, les éléments élastiques sont formés de fibres parallèles, enveloppant les faisceaux fibreux. Ces fibres élastiques constituent le tiers au moyen des éléments de la couche fibro-élastique du périoste.

La couche ostéoblastique du périoste est dépourvue des fibres élastiques chez le nouveau-né.

Ni chez le nouveau-né, ni chez l'adulte, les fibres élastiques de la couche fibro-élastique du périoste ne forment de réseau.

Il existe, outre les fibres élastiques, des membranes ou gaines élastiques enveloppant les faisceaux fibreux.

Au lieu d'être parallèles comme dans les os longs, les fibres élastiques des os de la voûte du crâne sont disposées en nattes à fibres entremêlées ou entre-croisées.

Les éléments élastiques du tissu osseux émanent essentiellement du périoste. L'os ne possède pas de fibres élastiques qui lui soient propres [2]. Les os du nouveau-né ne montrent pas trace de fibres élastiques [3].

Une partie des fibres élastiques du périoste proviennent des tendons ou des ligaments qui s'y terminent.

Les fibres élastiques de l'os se trouvent avec les fibres de Sharpey,

1. *Es ist diabei auffallend, dass die im Knochen gelegenen Enden elastischer Elemente fast ausnahmlos blasser erscheinen, als die in den Periostlamellen gelegenen. Man bekommt unwillkürlich den Eindruck, als ob die elastischen Fasern in dem Knochen umgewandelt und von ihrem Knochenende aus rückgebildet werden.*

2. Die elastischen Elemente der Röhrenknochen vom Erwachsenen entstammen in erster Linie sämtlich dem Periost. Eigene elastische Fasern besitzt der Knochen nicht.

3. Die Knochen des Neugeborenen enthalten keine Spur elasticher Fasern.

dans les canaux de Volkmann ou dans l'adventice des vaisseaux sanguins.

Elles s'observent surtout dans les systèmes périphériques de l'os.

Les fibres élastiques font défaut dans les os de la voûte du crâne.

J'ai étudié surtout les os du cobaye et du chien. J'ai obtenu des résultats quelque peu différents de ceux de Schulz. Le périoste du chien et du cobaye à la naissance possède déjà de nombreuses fibres élastiques, qui augmentent avec l'âge. Chez l'adulte, nombre de ces fibres se bifurquent, ce qui indique que les fibres élastiques constituent un réseau, comme partout ailleurs, bien que les mailles du réseau y soient très allongées. Pendant que le tissu osseux se développe, les fibres élastiques ne traversent jamais la couche de tissu préosseux qui existe à la surface des lamelles osseuses, mais elles accompagnent les traînées conjonctives qui, de distance en distance, partent du périoste pour se prolonger dans l'os.

Les formations élastiques qu'on observe dans le tissu osseux lui-même sont les suivantes : 1° des fibres allongées dans les lamelles limitantes sombres (lignes de ciment de Ebner) qui séparent un système osseux de l'autre ; 2° un contour élastique à la face des capsules des cellules osseuses ; 3° de fins prolongements élastiques partant de l'une ou l'autre extrémité de la capsule ; 4° un contour élastique autour des canaux de Havers.

Schulz n'a pas vu de fibres élastiques dans les os de la voûte du crâne humain. Chez le chien, les fibres élastiques sont très abondantes dans le tissu conjonctif fasciculé qui résulte de la transformation du tissu osseux en tissu conjonctif.

Or, *les fibres conjonctives se produisent aux dépens de la portion amorphe de la substance osseuse et, c'est au niveau du réticulum granuleux qu'apparaissent des fibres élastiques.*

Dans la seconde moitié du XIXe siècle, on croyait que le tissu conjonctif se transformait directement en tissu osseux dans les conditions suivantes : 1° les cellules arrondies du tissu conjonctif devenaient des cellules étoilées ; 2° la substance fibreuse du tissu conjonctif se chargeait de sels calcaires. Les fibres perforantes ou de Sharpey ne représenteraient que des faisceaux conjonctifs persistant dans les couches de cellules étoilées et traversant, à la façon de rayons, les couches de cellules étoilées.

Pour Lieberkühn [1], tout os membraneux ou lamelle osseuse d'origine périostique serait, dans le principe, constitué par des faisceaux conjonctifs, identiques à ceux d'un tendon. L'étude du pariétal fœtal lui montrait, en effet, un réseau fibreux richement développé, analogue aux travées périostiques des fœtus. Ces faisceaux fibreux seraient capables de se transformer directement en travées osseuses, comme feraient les faisceaux tendineux des Oiseaux.

Quelque schématique que soit cette théorie de Lieberkühn, nombre d'histologistes l'ont adoptée; elle est incomplète, parce qu'elle passe sous silence toutes les transformations cellulaires qui se passent dans le tissu conjonctif, lorsque ce dernier élabore du tissu osseux.

V. *v.* Ebner [2] regarde les fibres de Sharpey comme des faisceaux de fibrilles collagènes.

Il considère les lamelles osseuses elles-mêmes comme résultant de la juxtaposition de fibrilles collagènes; il ne voit donc rien d'étonnant à ce que des faisceaux collagènes soient situés dans les lamelles osseuses elles-mêmes. Il n'explique ni la direction spéciale ni la structure de ces faisceaux de fibrilles ou fibres de Sharpey.

Sur les coupes d'os macérés et secs, les fibres de Sharpey se présentent comme des tubes contenant de l'air, qui ont la même direction que les canalicules osseux (Knochenkanälchen) (*loc. cit.*, p. 103); mais souvent les fibres de Sharpey sont calcifiées. Dans les systèmes de Havers, les fibres de Sharpey sont rares.

Quant aux fibres élastiques, Ebner (*loc. cit.*, p. 101), après avoir chauffé les lamelles osseuses sur la lame porte-objet en présence de la soude caustique, jusqu'à disparition des fibres de Sharpey, des lamelles osseuses et des corpuscules osseux, trouva des fibres élastiques dans les parties calcinées. Elles sont surtout abondantes sous le périoste et rares dans les systèmes de Havers. La direction des fibres est parallèle à celle du grand axe de l'os. En colorant des coupes avec une solution diluée de fuchsine, il vit des fibres présentant les réactions de la fibre élastique, très nombreuses sous le périoste et moins abondantes dans les lamelles osseuses elles-mêmes. Les fibres élastiques ne s'observent, chez l'adulte, que dans les os longs (phalanges, tibia); elles manquent dans les os plats du crâne. Ebner a vu des fibres élastiques dans l'intérieur des lamelles osseuses appartenant aux systèmes de Havers.

Renaut [3] a étudié les os des oiseaux où il a observé des fibres élastiques abondantes dans la couche périphérique épaisse de 1 à 2 millimètres (coloration au picrocarmin).

Pour Renaut, l'os long de l'oiseau paraît, de même que le tendon

1. *Monatsberichte der Berliner Akademie*, 1861, p. 317.
2. Ueber dein feineren Bau der Knochensubstanz, *Sitzungsber. der Akad. der Wissenschaften*, Wien, 1875, t. LXXII, p. 99.
3. Recherches anatomiques sur le tissu élastique des os, *Archives de physiol. normale et pathol.*, 1875, p. 530.

ossifié, presque entièrement formé par des fibres de Sharpey... C'est autour de ces grosses fibres (de Sharpey) dans les espaces stellaires qu'elles laissent entre elles, que se disposent les fibres élastiques de la périphérie de l'os... Les rangées de fibres élastiques, très nombreuses d'abord, le deviennent moins à mesure qu'on approche du centre de l'os... »

Ces fibres élastiques proviendraient du périoste : « elles entrent dans l'os avec les faisceaux fibreux dont elles sont les satellites, et tandis que ceux-ci forment de nouvelles fibres de Sharpey et que leurs cellules fixes se transforment directement en corpuscules osseux, les fibres élastiques englobées dans la substance osseuse qui résulte de cette transformation, conservent leur disposition primitive ».

J'ai fait de nombreuses coupes d'os de poulet de quatre à cinq mois et de coqs de plusieurs années pour y étudier la structure du tissu osseux. J'ai vu des images analogues à celles que figure Renaut (*loc. cit.*, pl. XX); mais, en les colorant avec les réactifs qui m'ont réussi pour l'os des mammifères, j'ai vu des faits que j'interprète d'une façon différente. L'os de l'oiseau par exemple, est très bien représenté dans la figure 4 de Renaut (coupe longitudinale de phalange de dindon). Les os de poulet fournissent des images identiques : seulement les traînées (*aa*) que M. Renaut considère comme des fibres de Sharpey sont, à mon avis, des lamelles claires et homogènes de substance osseuse et non point des fibres conjonctives de Sharpey. Les fibres (*bb*) du dessin ne sont point des fibres uniquement élastiques; avec l'hématoxyline, elles se colorent énergiquement sous la forme de trabécules de protoplasma granuleux et anastomotiques. Avec la fuschine-résorcine, elles montrent quelques fibrilles élastiques dans leur intérieur.

Quant aux rapports des cellules osseuses avec ce réseau de protoplasma granuleux, un examen attentif montre que les cellules ne sont pas appliquées à leur surface, mais qu'elles sont contenues dans le réseau protoplasmique lui-même, dont elles occupent les points nodaux.

Al. Tafani [1] fait comme ses devanciers : il ne s'occupe que des « faisceaux fibreux qui se trouvent non calcifiés dans certaines parties de la substance fondamentale du tissu osseux ».

Il emploie deux procédés : 1° Dans le tissu osseux complètement macéré, il observe l'empreinte laissée par les fibres de Sharpey. A cet effet, il plonge les lamelles osseuses dans une solution de cyanine (bleu de quinoléine) dissoute dans l'alcool absolu; il les monte dans le baume fondu par la chaleur; les lamelles osseuses montrent, colorés en bleu, les canalicules, les corpuscules osseux et les espaces laissés vides par les fibres de Sharpey. 2° L'autre procédé consiste à fixer l'os frais dans l'acide picrique additionné d'acide osmique à 1 p. 100 (95 parties d'une

1. Le tissu des os, les fibres perforantes ou de Sharpey, *Archives italiennes de Biologie*, t. VIII, 1887, p. 66.

solution d'acide picrique et 5 parties d'acide osmique) et de colorer les lamelles osseuses, décalcifiées, par le carmin à l'alun additionné de quelques gouttes d'acide acétique.

« Les fibres de Sharpey sont composées d'un petit faisceau de fibrilles qui pénètrent dans le tissu des os d'une façon toute spéciale, c'est-à-dire obliquement... Chaque fibre perforante de Sharpey résulte de l'assemblage d'un nombre variable de fibrilles très délicates qui, très serrées les unes contre les autres dans le voisinage du périoste, s'écartent petit à petit quelque peu »... Là où se termine la fibre de Sharpey, la substance fondamentale est composée d'un tissu granuleux plutôt sombre. »

3° *Les fibres de Sharpey représentent le réseau protoplasmique ou élastique du tissu osseux.*

R. Maier[1] considère les fibres de Sharpey comme de nature élastique.

Pour W. Krause[2], les fibres de Sharpey ou perforantes sont des fibres *élastiques* du tissu osseux. Quand l'os émane du périoste, les fibres de Sharpey représentent des restes de tissu périostique.

Voici comment s'exprime E. A. Schäffer[3] sur les fibres de Sharpey.

Quant aux fibres perforantes (perforating fibres of Sharpey), on s'accorde pour les considérer comme des faisceaux de fibres tendineuses ou ligamenteuses. La plupart de ces fibres émanent du périoste. Selon Schäffer, les fibres de Sharpey diffèrent des fibres tendineuses par ce fait qu'elles ne sont pas recouvertes de cellules plates. Pour H. Müller, certaines fibres de Sharpey seraient de nature élastique. Schäffer figure de nombreuses fibres élastiques dans les faisceaux de fibres de Sharpey.

Pour mettre les fibres élastiques en évidence, Schäffer (*loc. cit.*) colore les coupes décalcifiées avec une solution de rouge Magenta, additionnée de glycérine. Les fibres élastiques tranchent, par leur teinte rouge foncé, sur la coloration rose du reste des tissus. Ces fibres se trouvent dans les couches osseuses périphériques, dans les systèmes intermédiaires et ne s'observent pas dans les systèmes de Havers.

Ranvier[4] prend un os frais ou macéré (coupe usée) et le plonge dans de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique. Il l'examine après décalcification telle quelle ou après dissociation. Il représente (fig. 98) et décrit « les fibres de Sharpey sous la forme d'un système élégant. Elles se séparent, se réunissent de nouveau et finalement viennent se terminer brusquement sur la lamelle la plus externe d'un système de Havers ».

La figure de Ranvier montre des fibres à double contour, à branches

1. *Virchow's Archiv*, t. 28, p. 358.
2. *Allegemeine Anatomie*, 1876, p. 68.
3. Note on the structure and development of osseous tissue, *Quarterly Journal of microscop. Science*, t. XVIII, 1873, p. 132.
4. *Technique*, 1re édit., p. 308.

latérales et dont les anastomoses forment un réseau. Il s'agit, dans ce cas, des trabécules protoplasmiques, anastomiques, du tissu osseux. Plus loin Ranvier (*Technique*, 2e édition, fig. 109) représente, sur une coupe d'os sec, des fines fibres de Sharpey dans un système intermédiaire et il appelle grosses fibres de Sharpey les espaces ou la substance qui est intermédiaire entre les deux systèmes de Havers et un système intermédiaire. Ces prétendues grosses fibres de Sharpey correspondent aux lignes cimentantes de Ebner. Ce sont nos trabécules protoplasmiques granuleuses et élastiques.

Cadiat [1] après avoir traité l'os par les acides, dit « qu'alors l'os se décompose facilement en lamelles concentriques, correspondant aux couches des systèmes de Havers et, en cherchant à les séparer les unes des autres, on voit des fibres nombreuses. Les prétendues fibres de Sharpey que figure Cadiat (fig. 167) sont les trabécules sombres ou prolongements capsulaires qu'il a séparées mécaniquement des lamelles claires. Bien qu'il considère ces fibres, avec Kölliker, comme des fibres conjonctives, sa description et son dessin prouvent le contraire.

Pour Ch. Robin [2], on voit après décalcification de quelques os (voûte du crâne surtout), des filaments appendus le long des bords de la déchirure des coupes dans le sens de la jonction des lamelles entre elles. Ces filaments sont rectilignes, coudés ou onduleux. La base de ces filaments semble se prolonger dans l'épaisseur de l'os en traversant les couches de Havers superposées sans s'interrompre.

Ch. Robin ne paraît pas avoir observé lui-même ces fibres perforantes. Il les figure d'après Cadiat et ajoute que leur nombre et leur disposition variable semblent indiquer leur peu d'importance.

4° *Les fibres de Sharpey sont les unes des prolongements conjonctifs du périoste, les autres correspondent au réseau protoplasmique de la substance osseuse; d'autres, au contraire, sont des faisceaux conjonctifs de la trame osseuse.*

Pour Kölliker [3], les fibres de Sharpey sont des *faisceaux de tissu conjonctif* plus ou moins complètement incrustés de sels calcaires. Il donne un dessin analogue à celui de Sharpey.

Kölliker [4] n'a pas vu, chez l'homme adulte, de fibres de Sharpey dans les lamelles des systèmes de Havers, ni dans les lamelles fondamentales formées par la moelle osseuse.

Sur l'os décalcifié, examiné dans l'eau ou l'alcool dilué, on ne voit que des images incomplètes de fibres de Sharpey. En employant une solution de sel marin (5 à 10 p. 100), on aperçoit des fibres de Sharpey sous la forme de faisceaux, limités par un double contour très net.

1. *Traité d'anatomie générale*, t. I, p. 349.
2. Article Os, *Dictionnaire des Sc. médic.* de Dechambre, p. 103.
3. *Éléments d'histologie humaine*, trad. franç., 1869, p. 246.
4. Der feinere Bau des Knochengewebes, *Zeitschrift f. Wissenschaft. Zoologie*, t. XLIV, 1886, p. 658.

Autre réactif : l'acide acétique plus ou moins concentré (fig. 7).

L'acide oxalique et l'acide chlorhydrique agissent de même et mettent les fibres de Sharpey en évidence.

Le carmin d'indigo les colore en rose pâle ou en rouge, après l'action de l'acide acétique.

Le carmin au lithium les colore plus qu'elle fait de la substance fondamentale.

La safranine est moins favorable que ce dernier.

Selon Kölliker, il suffit de calciner les coupes d'os sec, d'y ajouter de l'essence de térébenthine et de les monter dans le baume pour voir les fibres de Sharpey. Un pareil procédé ne peut que détruire les prolongements capsulaires.

Pour Kölliker (*loc. cit.*, 1886, p. 666), Ranvier se trompe quand il décrit toutes les fibres de Sharpey comme calcifiées.

Le meilleur moyen de montrer les fibres de Sharpey consiste à calciner rapidement les coupes d'os. Sur les pièces ainsi traitées la plupart des fibres de Sharpey ne sont pas calcifiées. Les fibres fines ne sont pas calcifiées; les fibres les plus fines ont 1 à 2 μ et sont difficiles à distinguer d'avec les canalicules osseux.

Les fibres de Sharpey larges de 20 à 30 μ sont partiellement calcifiées. Sur les coupes d'os sec et usé, elles représentent des faisceaux remplis d'air. Il admet que ces faisceaux sont constitués par une substance fondamentale calcifiée et des fibres conjonctives non calcifiées. C'est-à-dire que Kölliker ne dit pas en somme quels sont les éléments qui constituent les fibres de Sharpey.

Plus tard (1889, p. 287), les fibres de Sharpey sont, pour Kölliker, des faisceaux conjonctifs qui traversent les lamelles osseuses. Il y en a de deux sortes : les unes sont calcifiées et les autres ne le sont point. Les plus nombreuses et les plus fines (1 à 2 μ) ne sont pas calcifiées. Sur les coupes d'os macéré et non décalcifié, les grosses fibres de Sharpey représentent des tubes remplis d'air; les fibres n'étaient donc pas calcifiées, mais le ciment qui réunit les fibrilles est calcifié. Sur les coupes d'os sec, toutes les fibres de Sharpey contiennent de l'air; elles ne sont donc pas calcifiées.

Kölliker les regarde comme constantes dans les systèmes périphériques et intermédiaires des os longs. La plupart des fibres de Sharpey ont un trajet longitudinal ou oblique; mais souvent elles sont dirigées transversalement dans les lamelles périphériques des os longs.

Dans les systèmes intermédiaires, on observe des amas (nids) de fibres de Sharpey à direction longitudinale. Dans ce cas, la substance osseuse est très réduite; on ne voit dans ces systèmes intermédiaires que quelques rares cellules osseuses. Un tel tissu osseux rappelle un tendon ossifié.

On observe des fibres de Sharpey dans les os embryonnaires.

Les systèmes de Havers et les systèmes périmédullaires n'en contiennent point.

Pour reconnaître la présence des fibres élastiques, Kölliker[1] traita des coupes d'os décalcifiés par l'acide acétique, oxalique ou l'acide chlorhydrique et put aisément distinguer les fibres élastiques dans les faisceaux gonflés des fibres de Sharpey. D'autre part, il traita les coupes avec la soude ou la potasse ou avec la safranine et trouva, par ces procédés, que : 1° les fibres élastiques s'observent dans les couches osseuses périphériques et les systèmes intermédiaires ; 2° nombre de ces fibres se trouvent situées dans les fibres de Sharpey ; 3° il en est qui accompagnent les canaux vasculaires de Volkmann ; il n'y en a pas dans les systèmes de Havers.

Toute la description précédente de Kölliker se rapporte aux trabécules granuleuses et anastomotiques du tissu osseux. Cependant Kölliker figure et signale (*loc. cit.*, 1889, p. 290, fig. 232) d'autres fibres larges de 20 à 30 μ, dans l'intervalle desquelles se trouvent des cellules étoilées. Il prend ces dernières pour des cellules osseuses, mais elles manquent de capsule. C'est sur un humérus adulte qu'il a vu cela, après l'action de l'acide acétique. Cette figure de Kölliker correspond à notre dessin 6, p. 219 et il s'agit en réalité d'un système osseux intermédiaire en voie de transformation conjonctive.

En résumé, Kölliker comprend sous le nom de fibres de Sharpey : 1° les fibres du réticuleux granuleux de la substance osseuse, qu'il croit de nature collagène ; 2° les véritables fibres conjonctives qu'on observe dans les prolongements périostiques et dans le tissu osseux en voie de régression ou transformation conjonctive.

Que je rapporte quelques citations empruntées à des manuels pour montrer au lecteur le vague des descriptions.

Böhm et Davidoff[2] signalent, entre les lamelles osseuses, des faisceaux fibreux, qu'on voit sur les os calcinés ou colorés par le carmin d'indigo. Ce sont là les fibres de Sharpey « dont on ne saisit pas actuellement, concluent les auteurs, la signification ». Dans la 2e édition de leur traité (1898, p. 77) ces auteurs semblent plus affirmatifs : leurs doutes ont disparu et ils décrivent les fibres de Sharpey comme des faisceaux conjonctifs calcifiés ou non, qui sont situés entre les lamelles osseuses. Les fibres de Sharpey contiennent chez l'adulte des fibres élastiques.

Stöhr[3] représente par des traits foncés, perpendiculaires ou obliques par rapport aux lamelles osseuses, des fibres de Sharpey dans les systèmes intermédiaires et autour des canaux de Volkmann.

Pour Vialleton[4], les fibres de Sharpey sont des fibres de tissu connectif chargées de substance osseuse et que l'on trouve dans la partie de l'os qui est d'origine périostique ou dans les os d'origine membraneuse.

1. Der feinere Bau des Knochengewebes, *Zeitschrift f. Wissenschaft. Zoologie*, t. XLIV, 1886, p. 664.
2. *Lehrbuch der Histologie*, 1895, p. 82.
3. *Id.*, 10e édition, 1903.
4. *Précis de technique histologique*, 1899, p. 258.

Vialleton recommande le procédé de Ranvier pour les mettre en évidence.

Sobotta[1] se contente de dire : « De ces deux systèmes *fondamentaux*, l'externe est entremêlé de fibres conjonctives non calcifiées parfois, les *fibres de Sharpey*. »

Pour Benda[2], le périoste de l'adulte est fusionné à tel point avec l'os que des fibres conjonctives passent directement dans l'os, pour y constituer les *fibres calcifiées* de Sharpey.

Origine des fibres de Sharpey.

H. Müller considère les fibres de Sharpey comme du tissu conjonctif condensé (verdichtete Bindesubstanz) se développant avant ou pendant l'histogenèse du tissu osseux.

Pour Kölliker (*loc. cit.*., p. 315), les fibres de Sharpey sont des traînées conjonctives émanant du périoste et en voie d'ossification.

La plupart des histologistes sont muets sur l'origine de ces fibres, qu'ils considèrent comme des éléments accessoires du tissu osseux et comme des restes du modèle conjonctif qui a précédé l'os.

Les quelques rares histologistes qui les ont cherchées, les ont examinées sur des os desséchés ou les os traités par les acides. Aucun n'a tenté de les rapporter à la cellule qui les a produites. Kölliker seul a essayé de les colorer, et encore les procédés qu'il a employés donnent-ils des résultats douteux. Aucun histologiste n'a distingué les faisceaux conjonctifs émanant du périoste et pénétrant de distance en distance dans l'os (véritables fibres de Sharpey) des trabécules de protoplasma granuleux qui partent des capsules osseuses, se ramifient et constituent le réseau réticulé et souvent élastique représenté par Ranvier, par exemple.

Ce réseau de protoplasma granuleux existe dès l'apparition du tissu osseux chez l'embryon; plus tard, des lamelles d'hyaloplasma se développent entre les trabécules qui y envoient des rameaux latéraux. De cette façon s'établit l'alternance des lamelles ou zones sombres et claires du tissu osseux adulte. De plus, des fibrilles élastiques apparaissent dans les zones sombres ou trabécules de protoplasma granuleux.

Quant aux grosses fibres de Sharpey décrites par Kölliker, elles

1. *Atlas-Manuel d'histologie*, par Mulon, 1903, p. 39.
2. Periost, *Real-Lexikon der medic. Propädeutik*, t. III, 1899, p. 323.

représentent des faisceaux de tissu conjonctif qui sont élaborés par l'hyaloplasma du tissu osseux en voie de transformation ou de disparition.

VII. — De la capsule des cellules osseuses.

A. — En examinant les figures 1 et 2 p. 199 et 200, on voit que dans le tissu préosseux, du moins dans ses premiers stades, la cellule osseuse n'est pas séparée par un contour net de la substance osseuse, non calcifiée encore. Plus tard (fig. 3 p. 201 et 6 p. 211), une ligne à double contour épaisse de 1 μ à 1 μ 5 délimite la cellule osseuse proprement dite; elle a reçu le nom de *capsule de la cellule osseuse* ou *capsule osseuse* tout court. L'hématoxyline, la thionine, le bleu de toluidine, etc., colorent cette capsule d'une façon intense. La face interne de la capsule paraît toujours lisse et bien limitée; a face externe, au contraire, se continue directement avec des prolongements qui se divisent, s'anastomosent pour constituer le réseau trabéculaire de la substance osseuse.

Dans l'os jeune, les capsules sont uniquement formées d'un protoplasma granuleux qui est très avide des colorants sus-mentionnés. Plus tard, il s'y développe également des fibrilles de nature élastique.

Pour mettre ces faits en évidence, il convient de colorer des coupes sériées d'os jeune ou adulte, les unes par l'hématoxyline, la thionine, etc., les autres par l'orcéine acide ou la fuchsine-résorcine qui, on le sait, sont les réactifs par excellence des fibres élastiques. Ces derniers réactifs communiquent au contour interne des capsules (fig. 3 et 6) une teinte identique à celle que prennent les fibres élastiques du périoste, par exemple. Ce contour interne se présente alors sous la forme d'une ligne continue, mince, non mesurable, qui tranche sur le protoplasma incolore de la cellule osseuse.

De divers points, et surtout de chacune des extrémités de la capsule, partent des ramuscules qui sont colorés comme le contour interne de la capsule. Quelques-uns de ces ramuscules et spécialement ceux qui correspondent aux extrémités de la cellule, arrivent à joindre les ramuscules similaires des cellules voisines, de sorte qu'il en résulte une traînée élastique continue entre les éléments

adjacents. Dans les zones limitantes sombres, on observe des fibres élastiques épaisses de 1 à 2 μ et d'une grande longueur.

Ces fibrilles élastiques, qui se produisent dans le tissu osseux proprement dit (capsule, prolongements capsulaires et zones limitantes sombres), sont indépendantes du réseau élastique du périoste ou de celui du tissu conjonctif occupant l'intervalle des travées osseuses.

En résumé, le protoplasma granuleux et hématoxylinophile de la substance osseuse est capable d'élaborer des formations élastiques. Il se comporte, à cet égard, comme le protoplasma granuleux des cellules conjonctives en général.

B. Historique de la capsule des cellules osseuses.

En 1848, Donders (*travail cité* dans mon mémoire, 1905, p. 583), mettant les os décalcifiés dans la soude caustique pendant huit heures environ, vit se liquéfier le cartilage de l'os (substance osseuse) et, après avoir lavé à l'eau, il aperçut des noyaux libres. En traitant l'os par l'acide sulfurique, Donders (p. 66) donna à la substance osseuse une consistance gélatineuse. Pour cet histologiste, les corpuscules osseux sont des cavités, et les rayons qui en partent représentent des canalicules.

Virchow (*loc. cit.*, mon mém. 1905, p. 583) fit macérer de quatre à douze heures des lamelles osseuses dans l'acide chlorhydrique concentré, puis il dilacéra les lamelles sur la lame porte-objet et isola de cette façon *les corpuscules osseux et leurs prolongements*, les uns et les autres entourés d'un membre propre.

Hoppe[1] décalcifia d'abord l'os frais de mouton et d'esturgeon par l'acide chlorhydrique, puis il le porta à l'ébullition dans la marmite de Papin et réussit également à isoler les corpuscules osseux.

Förster[2] employa de même l'acide azotique, qu'il mit sur la lamelle osseuse placée sur la lame porte-objet. Pour empêcher la dessiccation, il ajoutait de la glycérine à l'acide azotique. Au bout de vingt-quatre heures, il suffit de recouvrir d'une lamelle, de comprimer légèrement pour isoler les corpuscules osseux.

Fürstenberg[3], traitant les os par l'acide sulfurique dilué, vit se former dans le tissu osseux des corpuscules étoilés, composés chacun d'un noyau, d'un corps cellulaire et d'une membrane épaisse enveloppant le tout sous la forme d'une capsule. Il suffit de jeter un coup d'œil sur les

1. *Virchow's Archiv*, t. V, p. 170, 1853.
2. *Handbuch der pathol. Anatomie*, II, p. 155, 1855.
3. *Müller's Archiv f. Anat. u. Physiol.*, 1857, p. 1.

dessins qu'il donne de cette capsule pour se convaincre que Fürstenberg ne représente que la portion attenante de la substance fondamentale qui avait résisté à l'action de l'acide.

Henle[1] parle également d'une couche différenciée de la substance fondamentale entourant la cellule osseuse comme d'une sorte de capsule.

Ch. Rouget (dans le *mém.* cité plus haut p. 205) a réussi dès 1858 à isoler les corpuscules osseux à froid : il traite d'abord l'os par l'acide chlorhydrique et ensuite par l'acide azotique au 5e. Le corpuscule osseux a un contenu (cellule osseuse) et une paroi qui est l'analogue de la paroi ou capsule des cellules cartilagineuses. Ces parois sont distinctes et quelquefois isolables dans une partie plus ou moins considérable de leur étendue. Rouget ne se prononce pas sur la nature de cette paroi.

Neumann (cité dans mon mém. 1905, p. 584) décrit autour des lacunes ou corpuscules osseuses des parois qu'il put isoler. Ces parois sont calcifiées comme la substance fondamentale. Elles se prolongent le long des canalicules osseux. Pour Neumann, elles représentent des *portions condensées* en capsule de la substance fondamentale. Neumann put retrouver ces parois isolables sur les os macérés, et sur les séquestres : partout elles conservaient la forme de corpuscules étoilés, de sorte qu'il leur refuse la qualité de formation protoplasmique.

A la suite de Fürstenberg et Neumann, Kölliker regarde les corpuscules osseux, c'est-à-dire la capsule des cellules osseuses comme la couche la plus interne de la substance fondamentale qui entoure les cavités osseuses. La meilleure preuve, dit Kölliker (*loc. cit.*, 1869, p. 251) qu'il en est ainsi, c'est que, après avoir fait bouillir un os dans la potasse caustique, on peut encore mettre en évidence les corpuscules en question au moyen de l'acide chlorhydrique et nitrique. Or, d'après ce que nous savons, il n'est point une seule membrane de cellule, chez un animal supérieur, et de tous les tissus, le tissu élastique est le seul qui résiste à un tel traitement. Donc, à moins d'admettre que les protoblastes contenus dans les cavités osseuses ont des enveloppes constituées par du tissu élastique, hypothèse sans aucun fondement, il ne reste plus qu'à se ranger à l'opinion de Furstenberg et de Neumann. »

Moriggia et Bompiani[2], dont je n'ai pu connaître l'opinion que par une citation de Broesike, regardent la capsule comme une gaine élastique. Il est vrai que Broesike lui-même ne la donne que d'après un compte rendu.

Julius Wolff[3] considère la capsule des cellules osseuses comme résultant d'une dissociation artificielle (Zerklüftung) de la substance fondamentale. De Burgh-Birch[4] a soumis les os à la digestion artificielle

1. *Iahresbericht*, 1857.
2. Isolazioni degli Osteoplasti, *Alteneo*, n° 7, 1874, 5e Stu.
3. *Untersuchungen über die Entwikelung des Knochengewebes*, Leipzig, 1875.
4. *Centralblatt f. die medic. Wissenschaf.*, 1879, p. 945.

par la trypsine. Après avoir ainsi détruit la substance fondamentale, il vit les lacunes et les canalicules revêtus d'une membrane, analogue à celle qui tapisse les canaux de Havers.

Broesike (*travail cité* dans mon mém. 1905, p. 713), après avoir montré que les lacunes (corpuscules) et les canalicules sont revêtus d'une gaine spéciale, s'élève contre la théorie qui regarde cette gaine comme une couche condensée de la substance intercellulaire. Les acides, tels que l'acide chlorhydrique ou azotique, détruisent la substance fondamentale avant de faire disparaître ces gaines. L'acide acétique agit de même, surtout si l'on emploie un mélange à parties égales d'acide acétique glacial, d'eau et de glycérine. Avec l'acide oxalique concentré, l'acide sulfurique *dilué* ou la digestion artificielle par la trypsine, on réussit également. L'*acide sulfurique concentré* détruit de même très vite les gaines limitantes et la substance fondamentale de l'os. Il existe enfin des réactifs chimiques qui décomposent et font disparaître les gaines limitantes *plus vite* qu'ils font de la substance fondamentale. Telle est, par exemple, la potasse caustique. La soude caustique agit de même à l'étuve. Une température plus élevée fait disparaître les gaines limitantes.

Pour Broesike, les gaines limitantes sont constituées, non point par de la substance fondamentale, mais par une substance chimique identique à la Kératine. A la température ordinaire, dit Broesike (*loc. cit.*, p. 718), l'eau de Javelle n'attaque pas la substance fondamentale ni les gaines limitantes de l'os des mammifères. Elle exerce à peine une action sur l'os si sensible de la grenouille. A la température de 38° (à l'étuve), l'eau de Javelle détruit en dix ou quinze jours aussi bien la substance fondamentale que les gaines limitantes.

Frey [1] traite l'os frais par l'acide chlorhydrique, le fait bouillir ou tremper dans une solution de soude. Dans ces conditions, la substance fondamentale se ramollit, devient comme muqueuse, et des cellules munies de prolongements sont mises en liberté : « ces éléments ont une paroi très nette ». « On a voulu voir dans ces cellules des éléments étoilés, ajoute Frey, à enveloppe très résistante; mais ni les membranes cellulaires, ni le corps des cellules dépourvues d'enveloppe ne résistent à la coction dans une solution de soude. »

Zachariadès [2] dit : « A la surface des cellules (osseuses), ainsi que de leurs prolongements, il y a une différenciation du protoplasma qui offre, sous le microscope, une réfringence spéciale ». Pour cet auteur, il n'est pas douteux qu'il s'agit là d'une membrane qui enclôt le protoplasma et cette membrane fait partie de la cellule elle-même. Zachariadès arrive par la potasse à chaud à détruire, sur les coupes d'os décalcifié, la substance osseuse intercellulaire et à isoler les cellules avec leurs nombreux prolongements.

1. *Traité d'histologie et d'histochimie*, 2e édit. franç., 1877, p. 271.
2. Recherches sur la structure de l'os normal, *C. R. Soc. Biol.*, 19 octobre et 9 novembre 1889, p. 598 et 632.

D'après Renaut[1], « les cellules osseuses sont limitées du côté de la substance fondamentale par une formation capsulaire... analogue à celle du cartilage hyalin ramifié de la tête du Poulpe ou du Calmar, et qui s'est développée à la surface des cellules osseuses et de leurs prolongements protoplasmiques. Mais ici la formation capsulaire est composée d'osséine et chargée de sels calcaires, tandis qu'elle est constituée par de la chondrine dans le cartilage. En somme, les deux productions sont homologues l'une de l'autre, puisque dans les deux cas elles ont la même composition que la substance fondamentale intercellulaire ».

J. Schaffer (*article cité*, 1893, p. 193) a retrouvé le revêtement des corpuscules ou lacunes osseuses sur l'os fossile (mâchoire inférieure d'Arvicola provenant du Diluvium) : la substance organique de l'os était conservée et le revêtement des corpuscules, quoique altéré, s'y présentait sous la forme d'une bordure brillante, d'une véritable capsule.

Ch. Robin (*Art.* Os, *loc. cit.*, p. 18) n'a pas pu constater l'existence de la cavité osseuse entourant la cellule osseuse comme la capsule du cartilage fait de la cellule cartilagineuse.

Pour Ch. Robin, la coction ou ébullition, dans une solution de potasse ou soude, d'une lamelle osseuse, liquéfie la substance fondamentale et met en liberté la cellule osseuse et ses prolongements sous la forme de *corpuscules osseux* de Virchow.

Pour Szymonowicz[2], la portion de la substance fondamentale qui limite immédiatement les cavités ou lacunes des cellules osseuses, résiste plus aux réactifs que le reste de la substance fondamentale. Les acides concentrés dissolvent cette dernière et permettent d'isoler ou d'obtenir en coupes les parois des corpuscules et des canalicules osseux.

C. Schneider[3] décrit, autour des corpuscules et des canalicules osseux, une paroi de structure homogène (gaine limitante).

Pour Tourneux[4], la capsule osseuse « représente vraisemblablement le dernier dépôt élaboré par la cellule osseuse, et, à ce titre, peut être comparée à la cellule cartilagineuse ».

Benda (*article cité*, *Knochen*, p. 1266) admet, dans le jeune tissu osseux, l'existence d'une cellule protoplasmique ou osseuse, émettant des prolongements ramifiés : « en se consolidant plus tard, ajoute Benda, la périphérie de la cellule et de ses prolongements élabore une sorte de cuticule qui se transforme en une gaine de nature peut-être cornée ».

Oppel et Davidoff (*ouvrage cité*, p. 81) décrivent au *corpuscule* ou *cavité osseuse*, une paroi différenciée, qui est plus résistante que le reste de la substance osseuse, car les acides concentrés l'attaquent et la détruisent moins vite qu'ils font de la substance osseuse.

1. *Traité d'histologie pratique*, t. I, p. 500.
2. *Lehrbuch der Histologie*, p. 74, 1901.
3. *Lehrbuch der vergleichenden Histologie*, 1902, p. 917.
4. *Précis d'histologie humaine*, 1903, p. 154.

A. Spuler[1], après avoir décalcifié des os de veau et de fœtus humain et coloré les coupes au picro-carmin, décrit et figure : 1° des cellules osseuses séparées par un espace vide d'avec la capsule; 2° des canalicules qui partent de cet espace vide et contenant les prolongements protoplasmiques des cellules osseuses.

Les parois des cavités ou corpuscules osseux fixent l'orcéine et prennent une teinte sombre. En ajoutant ce caractère à la résistance que ces parois offrent à l'action des acides et des bases, A. Spuler conclut à la nature « élastoïde » de ces parois.

La capsule se colore avec l'hématoxyline en violet ou en noir, ainsi que les prolongements capsulaires, tandis que la masse amorphe de la substance osseuse se teint en rouge par la safranine.

Spuler, en colorant l'os embryonnaire à l'orcéine, a donné une teinte sombre à la capsule et aux prétendues gaines limitantes des canalicules.

Schmorl (*loc. cit.*) colore les gaines limitantes avec la thionine phéniquée.

En somme, tous les auteurs sont à peu près d'accord sur les caractères différents que présentent la capsule et la substance osseuse. Mais les acides, les bases, la coction ou la digestion ne suffisent pas pour déterminer la nature de la capsule. Si l'on emploie, par contre, les colorants du protoplasma granuleux et des fibres élastiques, l'analyse des faits de structure devient facile et les résultats auxquels on arrive me semblent corroborer ma conclusion antérieure : la capsule et les prolongements capsulaires sont constitués à l'origine par un protoplasma granuleux, qui élabore plus tard des fibres élastiques.

Qu'on me permette une remarque. Je suis bien fâché d'avoir dû faire des citations si nombreuses, des analyses si détaillées. C'est la faute de ceux qui font des articles, des techniques ou des traités didactiques sans avoir vérifié par eux-mêmes les assertions de leurs devanciers. Au lieu d'acquérir des notions claires et précises sur un sujet, ils se contentent de relater les descriptions antérieures. Comment discerner le vrai du faux dans ces conditions? Ce n'est que par l'observation personnelle qu'on arrive à dégager le réel du fatras des théories contradictoires.

On a proposé au Congrès des Anatomistes tenu, en 1905, à Genève, des mesures énergiques pour limiter le nombre toujours

1. Ueber die Verbindungs-Kanälchen der Höhlen der Knochenzellen, *Anatomischer Anzeiger*, t. XIV, p. 289, 1898.

croissant des publications et pour refréner le « prurigo scribendi ». L'intention est excellente, mais on ne supprimera jamais la liberté d'écrire et de publier où il plaît à chacun. Il est une autre affection qu'il conviendrait de soigner et surveiller davantage, parce qu'elle retarde bien plus la marche de la science. Je veux parler du « morbus transcribendi ». Ce dernier mal est bien plus dangereux que le premier, parce qu'il sévit particulièrement parmi les auteurs qui ont un nom et une autorité, du moins officielle. En copiant des assertions qu'ils n'ont pas contrôlées, ni soumises à la critique expérimentale, ils les garantissent et les propagent comme des vérités démontrées. Au lieu de contribuer aux progrès de la science, ces auteurs ne font que remuer et embrouiller les théories controuvées qui obstruent la voie; il la faut nécessairement déblayer avant qu'on puisse sérieusement songer à atteindre la réalité.

VIII. — Conclusions générales.

1° Chez les embryons, le tissu osseux apparaît sous la forme d'éléments organiques (cellules et substance osseuse) analogues à la zone préosseuse qu'on observe à la surface des travées osseuses chez les animaux en voie de croissance. Ce tissu est privé, à l'origine, des sels calcaires et ne se compose que des éléments organiques du tissu osseux.

2° De distance en distance, les zones ou lamelles limitantes sombres constituent des travées de protoplasma granuleux et élastique qui séparent les territoires osseux les uns des autres (lignes dites de ciment et qui ne sont effectivement que des lamelles limitantes de protoplasma sombre).

3° Les prétendues fibres de Sharpey comprennent : *a*) les prolongements conjonctivo-élastiques du périoste; *b*) le réseau de protoplasma granuleux et élastique des lamelles osseuses; *c*) les faisceaux conjonctifs qui succèdent à la régression du tissu osseux.

4° Les capsules osseuses sont formées par un protoplasma granuleux qui élabore, chez le jeune animal et l'adulte, des formations élastiques.

DÉVELOPPEMENT

DE L'OS MAXILLAIRE INFÉRIEUR

Par MM. DIEULAFÉ et HERPIN.

En vue d'une étude d'ensemble sur l'évolution de l'os maxillaire inférieur, nous avons entrepris des recherches sur le développement de cet os.

Dès le début de notre étude, nous trouvons la question si controversée du cartilage de Meckel, nous allons donner ici les résultats qui nous permettent de prendre parti dans cette question et nous les ferons suivre de nos observations sur l'édification de l'os maxillaire inférieur et sur les phénomènes histogénétiques qui caractétérisent son développement.

Résultats des auteurs.

Le maxillaire inférieur se développe aux dépens du 1er arc branchial; dès le début de la vie embryonnaire (15 à 18 jours pour l'embryon humain) apparaissent deux tubercules représentant l'origine de la mâchoire inférieure, ces tubercules du 25e au 28e jour se soudent sur la ligne médiane, d'après les recherches de Magitot et Robin. Le bourgeon maxillaire inférieur, dit Dursy, contient l'ébauche de l'os, les parties molles de l'arc correspondant à la cavité buccale et une sorte de soutien provisoire, le cartilage de Meckel.

Le cartilage de Meckel est la première portion organisée qui apparaisse dans le mésenchyme du bourgeon maxillaire, il constitue le squelette primitif du 1er arc branchial, il sera la travée directrice de l'ossification. C'est une tige grêle étendue de la base du crâne à

la symphyse du menton. Son histoire est intimement liée à celle du maxillaire inférieur, les opinions émises sur sa signification et sur sa destinée sont nombreuses; c'est le premier point à étudier dans l'évolution du maxillaire inférieur.

Serres, en 1819, signale ce cartilage sous le nom de « maxillaire inférieur temporaire ». Ce fut Meckel, en 1825, qui découvrit sur la face interne du maxillaire inférieur d'embryons humains une raie de cartilage, qu'il considéra comme étant l'apophyse du marteau; celle-ci sortirait de la caisse du tympan entre l'os tympanal et le rocher et s'appliquant à la face interne de la mâchoire inférieure, s'étendrait jusqu'à son extrémité antérieure où elle s'unirait à celle du côté opposé, sous un angle aigu.

Tous les auteurs qui ont étudié ce cartilage s'accordent pour constater qu'il ne persiste pas, qu'il disparaît au cours du développement et qu'on n'en trouve plus de trace dans le courant du 8e mois chez le fœtus humain. Mais au point de vue de sa destinée, les auteurs ne sont pas d'accord; pour les uns il est envahi par l'ossification, pour les autres il disparaît. La discussion porte sur la portion de cartilage incluse dans le maxillaire inférieur, car tout le monde s'entend pour dire que l'extrémité supérieure, juxta-crânienne, s'ossifie pour donner naissance à certains osselets de l'ouïe.

Meckel, le premier, n'admet pas que ce cartilage soit envahi par l'ossification. Reichert, en 1827, décrit un processus d'ossification étendu à toute la partie qui fait suite à l'apophyse grêle; quant à la partie inférieure elle est souvent résorbée sans avoir été ossifiée.

Magitot et Robin (1862) sont très précis dans leurs conclusions : « la portion extra-tympanique, purement transitoire, s'atrophie de son milieu vers ses extrémités, sans s'ossifier ni prendre part à la constitution de la mâchoire inférieure, non plus qu'à celle de l'apophyse grêle du marteau qui naît au-dessous d'elle ».

Callender (1870) voit l'extrémité antérieure du cartilage de Meckel s'ossifier. Semmer (1872) sur des embryons de mouton constate qu'il disparaît au milieu de la partie maxillaire, mais qu'il s'ossifie au niveau du marteau et dans le tiers antérieur.

Strelzoff (1873) écrit : « Le cartilage de Meckel ne se divise pas lors de la formation des os et n'a aucune analogie avec la base primordiale du crâne; c'est là un organe rudimentaire qui disparaît dans les premiers stades de la vie de l'embryon ».

Pour Stieda (1875) ce sont les processus accompagnant la résorption du cartilage que les auteurs ont considérés comme des phénomènes d'ossification.

Brock (1876) a vu les cellules du cartilage de Meckel en voie de reproduction rapide sur des embryons de cochon de 11 à 13 cm., mais il n'a pas assisté à une marche plus avancée vers l'ossification.

Masquelin (1878) pense que les divergences si marquées entre les auteurs tiennent à ce que le développement du maxillaire inférieur varie chez les différents mammifères. Chez l'embryon humain, « le cartilage de Meckel entre dans la constitution de la portion alvéolaire du maxillaire, d'abord par ses lames périchondrales, puis par l'ossification indirecte des parties de cartilage qui ne sont pas complètement détruites par résorption. Il est vrai que ces parties sont peu étendues, que le tissu médullaire qui le parcourt amène la résorption de la plus grande partie de son tissu; mais il n'en est pas moins certain que quelques parties, quelque réduites qu'elles soient, sont ossifiées par voie indirecte ».

Pour Baumüller (1879), le segment antérieur s'ossifie et devient partie intégrante du maxillaire inférieur, la région de la symphyse se liquéfie, le segment compris entre le marteau et le processus alvéolaire du maxillaire inférieur est résorbé après avoir subi une calcification temporaire.

D'après Julin, qui l'a étudié sur la Balœnoptera rostrata, le cartilage de Meckel intervient dans la formation du maxillaire en donnant naissance à quelques travées osseuses.

Kœlliker (1882) arrive à déterminer « que chez l'homme il y a bien une portion de cartilage de Meckel qui s'ossifie et s'unit à l'infra-maxillaire mais que cette portion est très faible, insignifiante, et que le cartilage de Meckel ne joue aucun rôle dans l'accroissement de l'os, comme Callender et Dursy l'ont voulu ». Cet auteur a aussi étudié le cochon, le mouton et le lapin : « chez tous la majeure partie du cartilage de Meckel s'atrophie durant la dernière période de la vie embryonnaire, sans exception, il en demeure en avant un segment qui s'ossifie et se confond avec le maxillaire et une autre portion subsiste dans la symphyse (et en partie aussi à l'extrémité postérieure de chaque branche de l'infra-maxillaire) jusqu'à la naissance ».

Broca et Lenoir (1896) disent que « le cartilage de Meckel inter-

vient directement dans l'ossification du condyle et du bord postérieur de la branche montante du maxillaire inférieur ».

En somme, pour les uns le cartilage de Meckel n'entre pas dans la constitution du maxillaire inférieur (Meckel, Magitot et Robin, Strelzoff, Stieda, Brock, etc.), pour les autres, il subit des phénomènes d'ossification partielle et contribue à la formation de l'os maxillaire (Kœlliker, Reichert, Callender, Semmer, Masquelin, Baumüller, Julin, Broca et Lenoir, etc.). Dans nos recherches embryologiques nous nous sommes attachés à suivre les transformations du cartilage de Meckel et concomitamment à noter les détails de l'édification de l'os maxillaire. Nous avons donc à envisager successivement dans ce premier chapitre :

a. L'étude du cartilage de Meckel;

b. La formation de l'os maxillaire inférieur.

Recherches personnelles.

Nos études embryologiques ont porté sur l'homme et le mouton. Les embryons humains examinés appartenaient à la collection du laboratoire d'histologie de la Faculté de médecine de Toulouse, complaisamment mise à notre disposition par M. le professeur Tourneux. Pour l'embryon de mouton nous n'avons examiné en série qu'un petit nombre de stades, les résultats concordant du reste avec ceux obtenus chez l'homme.

Description des stades.

Homme.

Aux stades de 8, 12, 14 mm. nous ne voyons pas encore de trace du cartilage de Meckel.

Vertex au coccyx 19 mm.

Coupes frontales.

A ce stade nous trouvons tous les détails que nous décrivons plus minutieusement aux stades suivants. Le cartilage de Meckel en avant est renflé et soudé à celui du côté opposé, en arrière il est

en connexion avec les cartilages de l'oreille moyenne. En dehors de sa face externe s'est déposé du tissu osseux, en plein mésenchyme. En avant le tissu osseux est formé par une bande épaisse parcourue de cavités claires que délimitent des tissus; dans la partie moyenne le tissu osseux présente deux bandes minces, l'une externe, l'autre interne, circonscrivant le mésenchyme dans lequel pousse le bourgeon dentaire. En arrière la lame osseuse est mince et unique.

Vertex au coccyx : 32 mm.

Longueur totale : 40 mm.

Coupes transversales (horizontales) (fig. 1 et 2).

Le cartilage de Meckel apparaît comme une travée longitudinale très claire. Sur sa face externe il est parcouru par une longue travée osseuse qui, en avant, est en contact direct avec lui, et dans les parties moyenne et postérieure en est séparé par une couche de tissu mésenchymateux. Cette travée osseuse est dédoublée en sens longitudinal et présente l'aspect d'une double traînée circonscrivant en sens antéro-postérieur une zone de mésenchyme très clair (fig. 1). Au dessous du cartilage de Meckel la zone d'ossification existe sous forme de bande unique, colorée en rouge par le picro-carmin, puis plus haut présente les deux traînées que nous venons d'indiquer et qui constituent des lames interne et externe; à mesure que l'on examine des coupes situées à un niveau plus élevé la lame interne s'atténue tandis que la lame externe se prolonge en arrière. Plus haut, au niveau de la branche montante du maxillaire, le cartilage de Meckel est réduit à une section elliptique, la zone ossifiée n'est formée que par la lame externe (fig. 2).

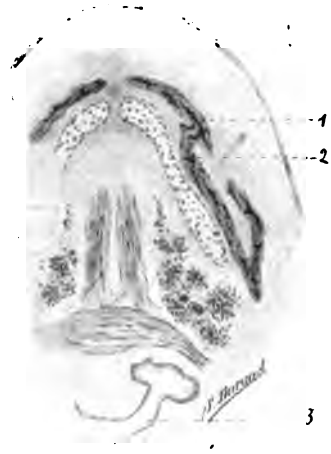


Fig. 1. — H $\frac{32}{40}$ millim. CH. × 8,75. — 1. Bandes osseuses du maxillaire; 2. Cartilage de Meckel; 3. Cavité pharyngienne.

L'examen attentif de la série des coupes nous montre qu'en haut le cartilage de Meckel se relie à de petits cartilages situés au

niveau de l'oreille moyenne ; ces cartilages sont unis au cartilage de la base du crâne dans la région de l'oreille interne.

Vertex au coccyx : 37 mm.

Coupes frontales (fig. 3 et 4).

En avant les deux cartilages de Meckel sont fusionnés l'un avec l'autre, puis ils se séparent et chacun d'eux présente une section arrondie. Ce cartilage, dans toute son étendue, est constitué par de grosses cellules polygonales ou irrégulièrement arrondies, conte-

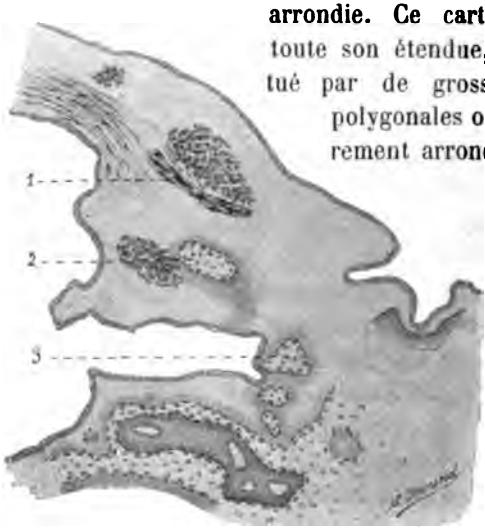


Fig. 2. — II $\frac{32}{40}$ millim. CH. × 8.75. — 1. Lame externe de l'os maxillaire (branche montante); 2. Cartilage de Meckel; 3. Cartilage de l'oreille moyenne.

nant un noyau central volumineux, jetées dans une substance fondamentale très claire.

La zone ossifiée est formée par un massif quadrangulaire, immédiatement en rapport avec la face externe du cartilage dans sa portion antérieure ; des quatre angles de ce massif partent des prolongements, ce sont surtout les deux prolongements supérieurs qui ont de l'importance. Sur des coupes plus postérieures ils forment deux lames verticales, l'une interne, l'autre externe, divergeant légèrement par leurs extrémités supérieures ; entre ces deux lames le mésenchyme est clair, c'est dans ce tissu que s'enfonce la lame épithéliale dentaire. Vers le sommet de l'angle formé par les deux lames osseuses on voit la section du nerf dentaire (fig. 3). En

arrière de l'extrémité postérieure de la lame dentaire, la lame osseuse externe existe seule et est beaucoup plus étendue en hauteur, c'est le niveau de la branche montante du maxillaire (fig. 4).

Vertex au coccyx : 83 mm.

Longueur totale : 110 mm.

Coupes frontales (fig. 5, 6, 7).

L'os maxillaire commence en avant du cartilage de Meckel, au niveau où ce dernier est fusionné avec celui du côté opposé, l'os

Fig. 3. — H 37 millim. CF. × 8,75. — 1. Bande ossifiée présentant les deux lames externe et interne entre lesquelles se trouve la section du nerf dentaire; 2. Cartilage de Meckel; 3. Lame dentaire.

Fig. 4. — H 37 mill. CF. × 8,75. — 1. Lame externe de l'os maxillaire (branche montante); 2. Cartilage de Meckel; 3. Ébauche cartilagineuse de l'os hyoïde.

est représenté par une bande principale plus étendue en sens vertical que la hauteur du cartilage et en dedans de cette bande par de petites travées. Le cartilage de Meckel est envahi par l'ossification, sa limite externe représentée par du mésenchyme condensé, figurant les lames périchondrales, n'existe plus; dans une zone correspondant à environ la moitié externe du cartilage, les chondroblastes sont rares, la substance fondamentale complètement incolore; cette zone externe est parcourue par des travées colorées en rouge comme l'os, unies entre elles, formant un réseau irrégulier. Ce sont des travées d'ossification, le long desquelles on voit des éléments cellulaires colorés en rose (fig. 5).

Dans la zone du cartilage, qui succède en dedans à celle envahie par l'ossification, les chondroblastes sont gonflés, la cavité qui les

contient est agrandie. La région la plus interne est normale. Un peu plus en arrière la face supérieure du cartilage est aussi envahie par l'ossification; vers l'extrémité postérieure de la région où les cartilages sont soudés, il n'y a plus de tissu cartilagineux, tout le cartilage a été envahi par l'ossification (fig. 6).

La partie initiale de la zone où les cartilages de Meckel sont indépendants l'un de l'autre, a une constitution un peu particulière; la substance fondamentale du cartilage est parcourue par

Fig. 5. — H $\frac{83}{110}$ millim. CF. × 8,75. — 1. Bande ossifiée; 2. Cartilage de Meckel (région antérieure qui subit les phénomènes de l'ossification dans sa moitié interne); 3. Bourgeon dentaire.

Fig. 6. — H $\frac{83}{110}$ millim. CF. × 8,75. — 1. Tissu osseux ayant envahi toute l'épaisseur du cartilage de Meckel.

des travées conjonctives; les lames ossifiées sont séparées du cartilage par du tissu conjonctif dense.

A un niveau plus postérieur le cartilage de Meckel revêt l'aspect normal du cartilage (fig. 7).

La disposition générale de l'os, situé en dehors du cartilage de Meckel est analogue à celle des stades précédents.

Vertex au coccyx : 120 mm.

Longueur totale : 170 mm.

Coupes frontales (fig. 8).

Dans la région de la symphyse, le cartilage de Meckel n'existe plus qu'à l'état de fragments, de petits noyaux entre lesquels il a été complètement envahi par l'ossification. La zone ossifiée dans

cette région est formée d'une masse épaisse composée de travées irrégulières, d'une bande dirigée en dedans et en haut assez épaisse et d'une bande mince dirigée en dehors et en haut. Le germe dentaire est développé dans l'intervalle de ces deux lames. A ce stade tout l'intérêt réside dans la constitution du maxillaire inférieur, en arrière de la série des germes dentaires, c'est-à-dire au niveau de la branche montante.

L'os est circonscrit par du tissu conjonctif condensé qui dessine bien la forme du maxillaire inférieur. Le tissu conjonctif est lâche,

Fig. 7. — H $\frac{83}{110}$ millim. CF. × 8,75. — 1. Tissu osseux; 2. Cartilage de Meckel; 3. Canal de Wharton.

se confondant avec le restant du mésenchyme à l'endroit qui correspond à l'extrémité postérieure du bord alvéolaire.

La partie inférieure de l'os, très épaisse, présente sur sa face interne, une concavité ou plutôt une profonde échancrure où se loge le cartilage de Meckel. L'extrémité supérieure de la branche montante est formée par du tissu cartilagineux; ce tissu cartilagineux présente, tout à fait en haut, un noyau constitué de cartilage hyalin, au-dessous, dans une zone assez étendue, il est envahi par le processus d'ossification et on y voit les chondroblastes rares, espacés et la substance fondamentale parcourue par des travées osseuses (fig. 8).

Mouton.

Nous avons examiné des embryons, qui mesurés du vertex au coccyx avaient les longueurs suivantes : 37 mm., 50 mm., 55 mm.,

sur des coupes en série et des embryons de 95 mm., 105 mm., 150 mm., 190 mm. sur des coupes non sériées et préparées pour l'étude histologique.

Les diverses transformations observées se rapprochent assez de celles décrites pour l'embryon humain, nous ne ferons pas une description détaillée des divers stades.

Le cartilage de Meckel a la même disposition générale, terminé en avant dans une zone de fusion avec le cartilage du côté opposé, terminé en haut dans les cartilages qui deviendront les osselets de l'oreille moyenne.

Fig. 8. — H $\frac{120}{170}$ millim. CF. × 8,75. — 1. Branche montante du maxillaire inférieur ; 2. Cartilage de Meckel ; 3. Extrémité supérieure de la branche montante se développant par ossification d'un cartilage hyalin.

L'os se forme en dehors du cartilage, existe à partir du stade de 37 millimètres et présente une disposition d'ensemble assez analogue à celle de l'embryon humain ; les coupes frontales montrent deux lames osseuses, l'une interne, l'autre externe, entre lesquelles se développe le bourgeon dentaire.

En arrière de la lame épithéliale dentaire, la lame osseuse externe existe seule et va former la branche montante du maxillaire.

Au stade de 95 millimètres, nous observons un fait intéressant, c'est la disparition d'une portion du cartilage de Meckel dans sa région moyenne.

Tout le segment antérieur du cartilage a un aspect particulier, celui du cartilage réticulé; les chondroplastes sont interceptés entre d'épaisses bandes de tissu conjonctif ordonnées en réseau régulier, étroitement unies les unes avec les autres et fortement colorées. Dans la région moyenne du cartilage, ce tissu réticulé devient de plus en plus réduit, manque même sur une certaine longueur. Puis, en arrière, au niveau de la branche montante du maxillaire, le cartilage de Meckel reprend son aspect normal.

(*a*) *Cartilage de Meckel.*

Le cartilage de Meckel nous apparaît comme une tige cylindrique étendue de la base du crâne à la symphyse du menton.

Son apparition précoce en fait le squelette primitif du bourgeon maxillaire inférieur, il mérite bien le nom de maxillaire inférieur temporaire que lui avait donné Serres. Nos observations nous permettent de donner une opinion très affirmative sur le rôle que l'on doit attribuer au cartilage de Meckel. C'est un organe transitoire et qui n'a pas, dans le cours de son évolution, l'importance que pourrait lui faire accorder la valeur anatomique qu'il atteint dès le début de son développement. Chez les vertébrés inférieurs (poissons osseux) le cartilage de Meckel s'ossifie et devient l'os mandibulaire qui avec le palato-carré constitue le squelette primitif de l'arc mandibulaire. A ce squelette primitivement cartilagineux s'annexent des ossifications dermiques. Tandis que chez les sélaciens c'est le cartilage primitif qui persiste sans se modifier, dans la série des vertébrés l'ébauche cartilagineuse est d'abord renforcée par les os d'origine dermique (poissons osseux), puis complètement remplacée par ces derniers. Nous trouvons chez les mammifères et chez l'homme le terme ultime de la régression du cartilage de Meckel tandis que nous voyons l'os formé dans le mésenchyme (correspondant à un os dermique) prendre toute l'importance dans l'édification du maxillaire inférieur.

Ce n'est qu'au début de la formation du maxillaire inférieur osseux qu'il joue le rôle de travée directrice pour les premiers dépôts de substance osseuse.

Celle-ci est à peu près contemporaine de la formation du carti-

lage de Meckel, car nous la trouvons sur les plus jeunes embryons où nous avons observé l'existence du cartilage.

C'est entre les stades de 14 mm. et 19 mm. chez l'homme, de 25 et 37 mm. chez le mouton, que nous voyons apparaître ces deux formations.

Dans la plus grande partie de son trajet, le cartilage de Meckel n'est pas en rapport immédiat avec la substance osseuse, celle-ci est apparue en plein mésenchyme indifférent, à une petite distance de la face externe du cartilage. Et plus tard lorsque l'os prend de l'extension, le cartilage de Meckel disparaît, mais par résorption et non par transformation en tissu osseux.

Cependant une portion du cartilage, la région de la symphyse, est envahie directement par le phénomène de l'ossification (voir stade $\frac{120}{170}$ mm.). L'extrémité supérieure du cartilage, en union avec les cartilages de la base du crâne, subit aussi le processus de l'ossification après s'être fragmentée en plusieurs ébauches (marteau et enclume d'après Salensky, Ivar Bromann).

La portion vouée à l'atrophie est donc la plus considérable et elle disparaît sans laisser de traces. Signalons cependant que Chaîne a considéré le ligament tympano-maxillaire comme un reliquat de ce cartilage; ce ne serait en tout cas qu'un vestige bien restreint et sans signification aucune au point de vue de la genèse de l'os maxillaire.

Comment se fait l'atrophie du cartilage ? Ce n'est pas, à notre avis, selon un processus de calcification suivi de la résorption des portions calcifiées; d'après nos observations, le cartilage de Meckel sur le point de disparaître est envahi par le tissu conjonctif et prend un aspect de cartilage réticulé; aux stades suivants les fibres conjonctives qui parcourent la substance fondamentale se confondent avec le tissu conjonctif avoisinant et, dans l'intervalle de ces fibres, les chondroplastes disparaissent après avoir acquis de grandes dimensions. En somme, le tissu conjonctif fragmente le cartilage et le remplace. Cette atrophie commence au stade de 95 millimètres chez le mouton.

(*b*) *Os maxillaire inférieur.*

L'os maxillaire inférieur s'édifie directement en pleine substance conjonctive, sans être précédé d'aucune ébauche organisée. Seul le cartilage de Meckel guide le processus d'ossification et ce n'est qu'accessoirement qu'il y est compris lui-même.

Les zones d'ossification apparaissent sous forme de bandes et de travées faciles à distinguer par leur coloration et par l'ensemble de leur constitution (cellules conjonctives plongeant dans une substance fondamentale homogène).

L'apparition du tissu osseux est précoce : entre les stades de 14 et 19 millimètres chez l'homme, de 25 et 37 millimètres chez le mouton.

C'est en dehors du cartilage de Meckel, à une petite distance de sa face externe que se fait le premier dépôt de substance osseuse; disposé d'abord sous forme d'une bande longitudinale, parallèle au cartilage transitoire, elle présente ensuite des travées irrégulières dont l'ensemble constitue une région ossifiée plus épaisse. Dans la partie correspondant à la lame épithéliale dentaire, l'os présente une partie principale, plus ou moins importante, en rapport avec le bord inférieur du cartilage, et deux expansions sous forme de lames à trajet ascendant, dirigées l'une en haut et en dehors, l'autre en haut et en dedans. Entre ces deux lames le tissu mésenchymateux a un aspect plus clair, tout autour des zones ossifiées il est au contraire plus dense, plus foncé.

Des deux lames osseuses l'externe est la plus importante, elle existe seule en arrière de la région alvéolaire (extrémité post. de la lame dentaire) où elle forme la branche montante du maxillaire. L'épaisseur de l'os est différente selon les régions, plus grande dans la zone où existent les germes dentaires; à partir de leur apparition ils jouent le rôle prépondérant dans le modelage de l'os.

A mesure que l'on examine des embryons plus âgés, l'os prend plus d'importance; il l'acquiert par la formation de nouvelles travées unies aux bandes principales et formant un réseau dans les mailles duquel se trouve intercepté du mésenchyme indifférent. Sur l'embryon humain de $\frac{120}{170}$ millimètres, le maxillaire inférieur

a sa configuration normale, celle qu'il aura chez l'adulte. Dans les régions antérieure et moyenne, l'os présente un bord inférieur épais d'où se détachent d'épaisses lames dirigées en sens vertical et formant les parois des alvéoles dentaires; en arrière la lame osseuse s'est épaissie, elle présente deux coupes d'os compact entre lesquelles sont disposées des travées osseuses circonscrivant des espaces lacunaires. Cette structure est bien l'expression de celle de l'adulte : lames compactes à la périphérie, tissu spongieux au centre.

Le tissu osseux, né directement dans le tissu conjonctif, constitue la plus grande partie du maxillaire inférieur mais il s'y ajoute des portions formées par l'ossification de noyaux cartilagineux. C'est ainsi que la région de la symphyse est formée en partie par des lamelles ayant pris directement naissance dans le mésenchyme et pour la plus grande part aux dépens de l'extrémité antérieure des deux cartilages de Meckel qui, dans toute l'étendue de leur portion soudée, symphysaire, subissent les processus de l'ossification. Ce processus d'ossification apparaissant au sein d'un cartilage hyalin aboutit à la disparition du cartilage de Meckel et à la formation d'une région symphysaire très épaisse. En outre nous avons trouvé un processus analogue, survenant dans un noyau cartilagineux qui surmonte la branche montante d'origine conjonctive et dans lequel l'ossification va créer de nouvelles lamelles, interceptant entre elles du tissu spongieux. Ce noyau cartilagineux analogue aux ébauches cartilagineuses de la mâchoire supérieure est englobé dans le même espace que l'os d'origine conjonctive déjà formé, et délimité par des assises de mésenchyme condensé qui forment la couche continue du périoste du maxillaire inférieur. Ce noyau est indépendant du cartilage de Meckel.

Stieda a décrit plusieurs noyaux cartilagineux intervenant dans la formation du maxillaire inférieur, pour l'apophyse articulaire, pour l'angle du maxillaire, pour le processus alvéolaire. D'après cet auteur les noyaux cartilagineux s'établissent dans le tissu conjonctif indifférent. Brock, Masquelin, Julin, Schaffer, ont aussi observé des noyaux cartilagineux de ce genre dont le nombre et la répartition, au niveau du maxillaire, varient selon les espèces animales.

L'ÉCONOMIE DE L'EFFORT ET LE TRAVAIL ATTRAYANT

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'INFLUENCE EXCITO-MOTRICE DU GLYCÉROPHOSPHATE DE CHAUX

Par Ch. FÉRÉ

Médecin de Bicêtre.

I

De nombreuses expériences m'ont amené à accepter que les excitations sensorielles, aussi bien que les excitations toxiques, ne donnent qu'une exaltation éphémère du travail suivie d'une fatigue d'autant plus rapide et plus profonde que l'exaltation primitive a été plus grande; les excitations les plus modérées sont les plus profitables au point de vue du travail prolongé[1]; les excitations fortes peuvent provoquer la fatigue d'emblée qui accompagne la douleur. L'augmentation de l'aptitude du travail, si éphémère qu'elle soit, s'accompagne d'un sentiment de bien-être qui diminue à mesure qu'elle décroît. Les excitants en général précipitent la fatigue : les plus faibles agissent moins vite.

L'exercice des muscles étrangers au mouvement dont on pèse le travail peut être une cause d'excitation qui amène aussi à perfectionner la fatigue. L'échauffement physiologique par l'activité volontaire provoque quelquefois une véritable ivresse motrice qui se termine encore par un épuisement profond. Les excitations les plus physiologiques amènent une fatigue proportionnelle à leur effet exaltant[2].

C'est la discipline du travail qui peut le rendre plus durable et même attrayant; la meilleure discipline est celle qui paraît la plus

1. Recherches expérimentales sur l'influence du sucre sur le travail (*Revue de Médecine*, 1906, p. 24).
2. Ch. Féré, *Travail et plaisir, nouvelles études expérimentales de psycho-mécanique*, 1904.

favorable à éloigner la fatigue. Certains rythmes sont plus propices à certains sujets, ce sont ordinairement les plus lents; on a prétendu même qu'un rythme lent peut être supporté indéfiniment, ce qui est excessif[1]. Le travail avec la charge la plus minime se prolonge avec la même ampleur des mouvements, mais s'arrête brusquement; quand on arrive à être incapable de soulever un poids minime, c'est que la fatigue est très profonde; il en est de même quand on travaille avec un rythme très lent.

On trouve un bénéfice à économiser l'effort et la fatigue; j'ai déjà montré que quand le travail ergographique est interrompu avant que la fatigue soit profonde, il est possible, après plusieurs réserves de ce genre, d'obtenir une exaltation remarquable du travail, puis une résistance telle que le produit s'élève de beaucoup au-dessus de la normale.

Mais la conscience de la capacité du travail est assez obscure, et d'autant plus obscure que la fatigue s'est plus accumulée, de sorte que l'économie de l'effort est difficilement réglée; toutefois, l'ennui et la douleur liés au travail excessif sont des bons signes qui apparaissent avant l'incapacité du travail. Je me règle sur ces sentiments, en travaillant avec l'ergographe de Mosso, en soulevant avec le médius droit le poids de 3 kilogrammes à chaque seconde. L'effort ne se termine qu'à la sensation de gêne distincte; il se répète 20 fois avec des intervalles de repos de 1 minute. Bien que la sensibilité à la douleur soit la seule sensibilité qui augmente dans la fatigue, on voit que dans les derniers ergogrammes, dans plusieurs expériences, leurs derniers soulèvements s'abaissent notablement : on peut donc admettre que la fatigue cesse d'être consciente, puisque l'abaissement des soulèvements caractérise la fatigue. Du reste l'économie de l'effort ne fait que retarder la fatigue, elle finit par se montrer même quand exceptionnellement on peut la ménager jusqu'à la fin de l'expérience ordinaire.

L'économie de l'effort favorise non seulement l'augmentation de la valeur totale du travail, mais l'amplitude des mouvements qui

1. Quelques illusions de repos dans le travail ergographique (*Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, 1905, t. LIX, p. 286). — L'influence variable du ralentissement du rythme sur le travail (*ibid.*, p. 670). — Deuxième note sur l'influence variable du ralentissement du rythme sur le travail (*ibid.*, 1906, t. LX, p. 45). — L'influence variable du ralentissement du rythme sur le travail suivant la fatigue (*ibid.*, p. 185).

augmentent leur hauteur maxima qu'ils conservent plus longtemps, et augmente aussi leur rapidité et leur précision. Leur rythme se précipite involontairement et les soulèvements se limitent mieux[1] à volonté dans une mesure déterminée (fig. 1 et 2). Ces qualités du mouvement se manifestent de même d'ailleurs dans l'exaltation plus éphémère des excitations sensorielles et des excitations toxiques. Nous reviendrons sur ces qualités du travail que nous avons déjà signalées[2]; elles coïncident avec un sentiment de bien-être, d'intérêt; chaque nouvel effort limité multiplie l'attraction qui se caractérise par un sentiment d'impatience du mouvement, qui s'objective par le départ inusité précédant le signal après le terme du repos.

Nous pouvons négliger quelques-uns de ces phénomènes qu'on peut soupçonner d'être subjectifs, mais citons des expériences que l'on peut comparer avec une autre expérience récente où le travail a été poussé jusqu'à la fatigue à chaque effort, l'expérience rapportée récemment qui a donné le plus de travail total sans aucune intervention (exp. I).

Les premières expériences relatives à l'économie de l'effort s'étaient terminées par la plus productive[3]; les autres ont été faites plusieurs semaines plus tard dans l'ordre où elles vont être citées, de même que les précédentes.

Expérience I.

Sans excitation. Travail jusqu'à épuisement à chaque effort. Attitude et orientation commune avec toutes les expériences suivantes (position assise face à l'est)[4].

1. La précision du mouvement sous l'influence des excitations (*C. R. de la Soc. de Biologie*, 1906, t. LX, p. 377).
2. L'énergie et la vitesse des mouvements volontaires, *Revue philosophique*, 1889, XXVIII, p. 37. — Faits expérimentaux relatifs à l'influence de la fatigue sur le contrôle, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1904, t. I, p. 150. — La précision du mouvement sous l'influence des excitations (*ibid.*, 1906, t. I, p. 377).
3. Ch. Féré, L'économie de l'effort et le travail attrayant (*C. R. de la Soc. de Biologie*, 1905, t. II, p. 609).
4. *Id.*, Le travail ergographique dans la station (*ibid.*, 1905, t. LIX, p. 604).

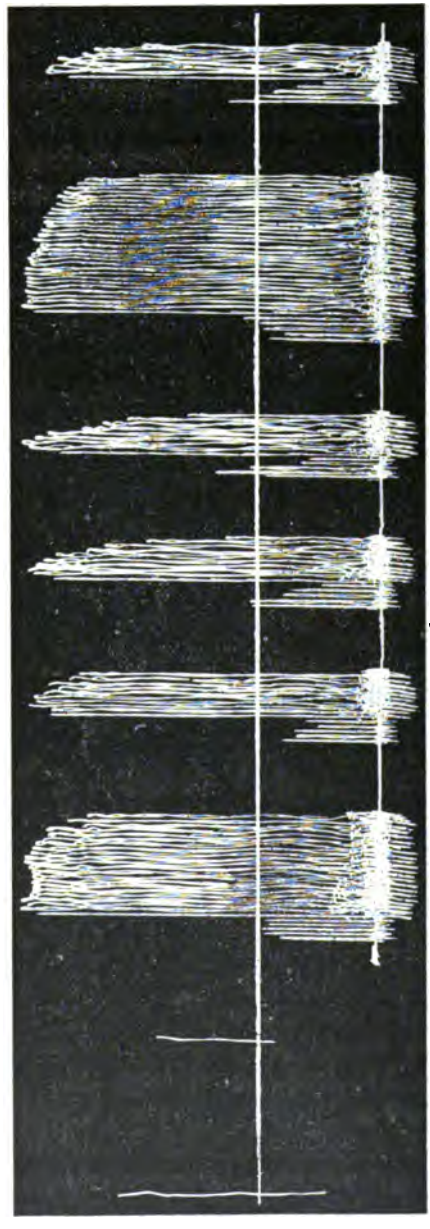


Fig. 1. — Travail du médius droit soulevant 3 kgr. chaque seconde. Les 5 premiers soulèvements de chaque ergogramme sont réduits volontairement pour s'arrêter à la ligne transversale supérieure tracée avant l'expérience. Après le quatrième ergogramme déglutition de 0 gr. 50 de sel dissous dans 40 cc. d'eau distillée. La précision des soulèvements réduits se montre moins défectueuse au premier ergogramme après le repos et au 5e ergogramme après l'excitation sensorielle.

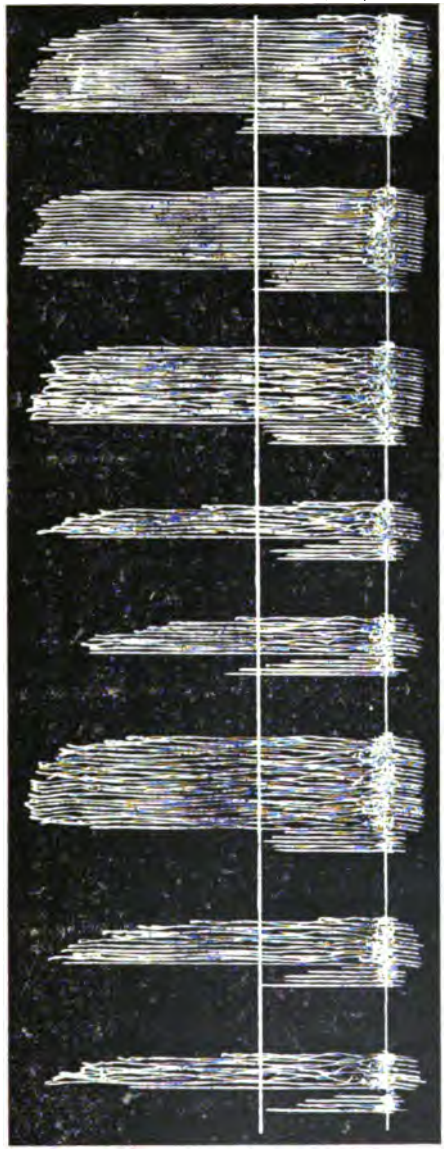


Fig. 2. — Suite de l'expérience figurée précédemment. Le neuvième ergogramme se relève après les soulèvements réduits moins inexacts. — La même association se montre de nouveau aux 12e 13e et 14e ergogrammes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,26	54	6,03	9,78
2	1,87	30	6,23	5,61
3	1,71	27	6,33	5,13
4	1,53	24	6,37	4,59
5	1,25	21	5,95	3,75
6	1,14	18	6,33	3,42
7	1,19	19	6,26	3,57
8	1,24	20	6,20	3,72
9	1,23	20	6,15	3,69
10	1,28	20	6,40	3,84
11	1,27	22	5,77	3,81
12	1,58	26	6,07	4,74
13	1,28	20	6,40	3,84
14	1,25	20	6,25	3,75
15	1,21	20	6,05	3,63
16	1,28	21	6,09	3,84
17	1,18	20	5,90	3,54
18	1,31	21	6,23	3,93
19	1,04	18	5,77	3,42
20	1,00	17	5,88	3,00
				84,40

Expérience II.

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total en kilogrammètres).
1	1,93	29	6,65	5,79
2	2,25	33	6,81	6,75
3	1,62	24	6,75	4,86
4	1,79	27	6,62	5,27
5	1,90	28	6,78	5,70
6	1,34	20	6,70	4,02
7	1,97	30	6,56	5,91
8	1,55	23	6,73	4,65
9	1,73	26	6,65	5,19
10	1,95	29	6,72	5,87
11	2,18	31	7,01	6,54
12	2,39	35	6,82	7,17
13	2,50	36	6,94	7,50
14	2,09	31	6,74	6,27
15	1,63	24	6,79	1,89
16	2,55	40	6,37	7,65
17	1,37	21	6,52	5,11
18	0,81	12	6,75	2,23
19	0,84	13	6,46	2,52
20	0,98	15	6,53	2,94
				104,11

Proportion : $\frac{104,11 \times 100}{84,40} = 123,34$

Expérience III.

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,87	28	6,67	5,61
2	1,53	23	6,65	4,59
3	1,58	23	6,86	4,74
4	1,49	22	6,77	4,47
5	1,61	23	7,00	4,83
6	1,96	29	6,75	5,88
7	1,43	21	6,80	4,29
8	1,30	19	6,84	3,90
9	1,76	26	6,76	5,28
10	2,27	34	6,67	6,81
11	1,45	22	6,59	4,35
12	1,51	22	6,86	4,53
13	2,35	37	6,37	7,05
14	2,23	34	6,55	6,69
15	2,26	35	6,45	6,78
16	1,42	21	6,76	4,26
17	1,50	24	6,25	4,50
18	1,39	21	6,61	4,17
19	1,27	19	6,68	3,81
20	1,28	20	6,40	3,84
				100,38

Proportion : $\frac{100,38 \times 100}{84,40} = 118,93$

Expérience IV.

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,72	11	6,54	2,16
2	1,07	16	6,68	3,21
3	1,51	22	6,86	4,53
4	2,13	30	7,10	6,39
5	2,64	38	6,94	7,92
6	2,75	40	6,87	8,25
7	2,17	31	7,00	6,51
8	2,13	31	6,87	6,39
9	2,16	32	6,75	6,48
10	2,13	31	6,87	6,39
11	2,07	32	6,46	6,21
12	2,11	33	6,39	6,33
13	2,18	33	6,61	6,54
14	2,14	32	6,66	6,42
15	2,13	33	6,45	6,39
16	2,08	31	6,70	6,24
17	2,04	32	6,37	6,12
18	2,08	31	6,70	6,24
19	2,17	33	6,57	6,51
20	2,13	33	6,45	6,39
				121,62

Proportion : $\frac{121,62 \times 100}{84,40} = 144,09$

Expérience V.

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,58	9	6,44	1,74
2	0,94	15	6,26	2,82
3	1,29	20	6,45	3,87
4	1,99	29	6,86	5,97
5	2,47	37	6,67	7,41
6	2,63	39	6,74	7,89
7	1,42	21	6,76	4,26
8	1,79	25	7,16	5,37
9	2,06	30	6,86	6,18
10	1,90	28	6,78	5,70
11	2,20	33	6,66	6,60
12	2,16	33	6,54	6,48
13	1,88	28	6,71	5,64
14	2,26	33	6,84	6,78
15	2,23	34	6,55	6,69
16	2,21	33	6,69	6,63
17	1,75	26	5,73	5,25
18	1,71	26	6,57	5,13
19	1,52	23	6,60	4,56
20	1,60	25	6,40	4,80
				109,77
21	0,63	10	6,30	1,89
22	0,26	5	5,20	0,78
23	0,15	3	5,00	0,45
24	0,09	2	4,50	0,27
25	0,09	2	4,50	0,27
26	0,06	2	3,00	0,18
27	0,06	2	3,00	0,18
28	0,03	1	3,00	0,09
29	0,02	1	2,00	0,06
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0

Proportion : $\frac{109,77 \times 100}{84,40} = 130,05$

Expérience VI.

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,10	18	6,11	3,30
2	1,07	16	6,68	3,21
3	1,36	20	6,80	4,08
4	1,82	26	7,00	5,46
5	2,21	32	6,90	6,63
6	2,63	38	6,92	7,89
7	2,51	37	6,78	7,53
8	2,20	32	6,87	6.60
9	2,39	35	6,82	7,17
10	2,28	34	6,70	6,84
11	2,38	35	6,80	7,14
12	2,45	37	6,62	7,35
13	2,28	34	6,70	6,84
14	2,38	36	6,61	7,14
15	2,56	38	6,73	7,68
16	2,33	34	6,85	6,99
17	2,69	40	6,72	8,07
18	2,47	38	6,50	7,41
19	2,54	40	6,35	7,62
20	2,26	34	6,64	6,78
				131,73

Proportion : $\frac{131,73 \times 100}{84,40} = 156,07$

Cette expérience mérite, par la supériorité du travail, d'être opposée à celle des conditions ordinaires, les trois dernières expériences à effort épuisant ont donné 79,05 kilogrammes, 78,36, et 84,40; tandis que l'effort limité donne jusqu'à 131,73; c'est un bénéfice de 56,07 p. 100 par rapport à la première expérience.

Expérience VII.

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de la fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,71	11	6,45	2,13
2	1,19	19	6,26	3,57
3	1,36	23	5,91	4,08
4	1,56	26	6,00	4,68
5	1,66	28	5,92	4,98
6	1,61	28	5,75	4,83
7	1,70	29	5,86	5,10
8	1,81	32	5,65	5,43
9	1,89	34	5,55	5,67
10	1,95	34	5,73	5,85

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
11	1,83	32	5,71	5,49
12	1,90	35	5,42	5,70
13	1,46	28	5,21	4,38
14	1,61	30	5,36	4,83
15	2,09	36	5,80	6,27
16	1,87	34	5,50	5,61
17	2,14	37	5,78	6,42
18	2,00	36	5,55	6,00
19	1,98	35	5,05	5,94
20	2,02	36	5,61	6,06
				103,02

Proportion : $\frac{103,02 \times 100}{84,40} = 122,10$

Expérience VIII:

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,22	19	6,42	3,66
2	1,46	23	6,34	4,38
3	1,97	31	6,35	5,91
4	2,08	33	6,30	6,24
5	2,17	35	6,20	6,51
6	1,87	31	6,03	5,61
7	1,67	27	6,18	5,01
8	1,98	33	6,00	5,94
9	1,98	31	6,38	5,94
10	2,26	37	6,10	6,78
11	2,25	36	6,25	6,75
12	2,11	35	6,02	6,33
13	2,26	37	6,10	6,78
14	1,95	32	6,09	5,85
15	1,89	31	6,09	5,67
16	2,00	32	6,25	6,00
17	1,61	27	5,96	4,83
18	2,17	36	6,02	6,51
19	2,09	34	6,14	6,27
20	2,14	35	6,11	6,42
				117,39

Proportion : $\frac{117,39 \times 100}{84,40} = 139,08$

Expérience IX.

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,28	19	6,73	3,84
2	1,24	19	6,52	3,72
3	1,48	23	6,43	4,44
4	2,32	34	6,82	6,96
5	2,28	34	6,70	6,84
6	2,16	32	6,75	6,48
7	2,16	33	6,54	6,48
8	1,99	30	6,63	5,97
9	2,06	31	6,64	6,18
10	2,11	33	6,39	6,33
11	2,14	35	6,11	6,42
12	2,19	37	5,91	6,57
13	1,87	30	6,23	5,61
14	2,11	33	6,39	6,33
15	2,20	35	6,28	6,60
16	2,16	36	6,00	6,48
17	2,37	41	5,78	7,11
18	2,25	40	5,62	6,75
19	2,28	39	5,84	6,84
20	2,26	38	5,94	6,78
				122,73

Proportion : $\frac{122,70 \times 100}{84,40} = 145,45$

Expérience X.

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,05	15	7,00	3,15
2	1,51	22	6,81	4,53
3	1,66	24	6,91	4,98
4	2,38	35	6,80	7,14
5	2,45	35	7,00	7,35
6	2,52	38	6,63	7,56
7	2,15	33	6,51	6,45
8	2,20	35	6,28	6,60
9	2,28	36	6,33	6,84
10	2,07	34	6,08	6,21
11	1,56	24	6,50	4,68
12	2,21	35	6,31	6,63
13	2,02	31	6,51	6,06
14	2,13	32	6,65	6,39
15	2,17	33	6,57	6,51
16	2,32	36	6,44	6,96
17	2,35	37	6,35	7,05
18	2,36	38	6,21	7,08
19	2,27	36	6,30	6,81
20	2,22	37	6,00	6,66
				125,64

Proportion : $\frac{125,64 \times 100}{84,40} = 148,81$

Expérience XI.

Économie de l'effort; on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,15	17	6,77	3,45
2	1,25	18	6,94	3,75
3	1,72	25	6,88	5,16
4	2,09	30	6,96	6,27
5	2,13	30	7,10	6,39
6	2,23	32	6,96	6,69
7	2,44	37	6,59	7,32
8	2,17	33	6,57	6,51
9	2,17	33	6,57	6,51
10	2,39	36	6,63	7,17
11	2,13	35	6,08	6,39
12	1,76	26	6,76	5,28
13	2,27	36	6,30	6,81
14	2,38	37	6,43	7,14
15	2,12	35	6,05	6,36
16	2,34	37	6,32	7,02
17	2,12	36	5,88	6,36
18	2,20	37	5,94	6,60
19	2,25	38	5,92	6,75
20	2,19	38	5,76	6,57
				124,50

Proportion : $\frac{124,50 \times 100}{84,40} = 147,51$

L'effet de l'économie de l'effort peut d'ailleurs être très variable, mais elle donne un bénéfice constant sans perte de temps proportionnelle. On peut s'en rendre compte en citant quelques expériences dont on a établi la durée en comptant les soulèvements qui prennent chacun une seconde et le temps des repos.

Expériences.	Travail en kilogrammètres.	Pourcentage du travail.	Durée en secondes.	Pourcentage de la durée.
1. État normal	84,40	100 »	1598	100 »
2. Avec économie de l'effort.	104,11	123,34	1667	104,31
3. — .	100,38	118,93	1613	102,81
4. — .	121,62	144,09	1755	109,82
5. — .	109,77	130,05	1683	105,31
6. — .	131,73	156,07	1794	115,39
7. — .	103,02	122,10	1743	109,07
8. — .	117,37	139,08	1775	111,07
9. — .	122,76	145,45	1792	112,14
10. — .	125,64	148,81	1786	111,76
11. — .	124,50	147,51	1786	111,76

Il est vraisemblable que l'exercice pourrait augmenter considérablement le travail en ménageant la fatigue, mais ce ménagement est assez difficile à réaliser en raison de l'inconscience qui s'accentue à mesure que la fatigue est plus avancée.

La fatigue s'accompagne de la douleur[1]; mais aussi la douleur est aussi mauvaise conseillère; elle impose une réaction, et c'est le travail, si d'autres réactions ne sont pas permises.

Il m'a paru intéressant de rechercher les effets du ménagement de la fatigue, ou de l'économie de l'effort quand le sujet est sous l'influence d'une excitation capable de provoquer au moins momentanément une exaltation du travail. Cette recherche se présentait comme réalisable en étudiant les effets excito-moteurs d'un composé phosphorique; j'ai choisi la glycérophosphate de chaux.

II

J'ai pris le glycérophosphate de chaux à la dose de 0,50, en cachet, ne laissant aucune sensation gustative, successivement chaque matin à la même heure (8 h. 1/2). Dix minutes après l'ingestion j'ai travaillé à l'ergographe, avec le poids de 3 kilogrammes soulevé à chaque minute par le médius droit jusqu'à l'épuisement complet. Cet effort a été reproduit 20 fois consécutivement avec des intervalles de 1 minute. Il était nécessaire de constater l'effet excito-moteur du glycérophosphate avant de rechercher comment l'économie de l'effort pourrait modifier cet effet.

J'étais préparé à constater un effet nul dans la première expérience de travail à la suite de la première date. Pourtant elle a montré un effet intéressant; le premier effet n'a donné qu'un travail normal, mais une légère augmentation de qualité du travail ordinaire, 9 kg. 60, a été réalisé par 47 soulèvements au lieu de 60 environ, les mouvements sont plus amples. En général le relèvement des soulèvements est un caractère précurseur de leur multiplication, après un repos déterminé.

Du reste la fatigue rapide est aussi un caractère d'une excitation préalable. Dans cette série d'expériences nous voyons augmenter l'exaltation primitive et l'épuisement consécutif.

1. Douleur et fatigue (*C. R. de la Société de Biologie*, 1905, t. LIX, p. 13). L'irritabilité dans l'anesthésie (*Journ. de l'anatomie et de la physiologie*, 1906, p. 108).

Expérience XVI.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux dix minutes avant le travail (5e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,89	62	6,27	11,67
2	0,51	10	5,10	1,53
3	0,30	6	5,00	0,90
4	0,11	3	3,66	0,33
5	0,05	2	2,50	0,15
6	0,01	1	1,00	0,03
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				14,61

Proportion : $\frac{14,61 \times 100}{84,40} = 17,33$

Expérience XVII.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux dix minutes avant le travail (6e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,94	62	6,38	11,82
2	0,17	4	4,25	0,51
3	0,09	2	4,50	0,27
4	0,05	2	2,50	0,15
5	0,02	1	2,00	0,06
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0,02 [1]	1	2,00	0,06
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0

1. On a parlé au huitième effort.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				12,87

Proportion : $\frac{12,87 \times 100}{84,40} = 15,24$

Expérience XVIII.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux dix minutes avant le travail (7e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	4,74	70	6,77	14,22
2	0,29	5	5,80	0,87
3	0,09	3	3,00	0,27
4	0,003	1	0,50	0,015
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				15,375

Proportion : $\frac{15,375 \times 100}{84,40} = 18,21$

Expérience XIX.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux dix minutes avant le travail (8e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	4,28	75	5,70	12,84
2	0,12	4	3,00	0,36
3	0,02	2	1,00	0,06
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				13,26

Proportion : $\frac{13,26 \times 100}{84,40} = 15,71$

Expérience XX.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux dix minutes avant le travail (9e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,28	56	5,85	9,84
2	0,17	4	4,25	0,51
3	0,01	1	1,00	0,03
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				10,38

Proportion : $\frac{10,38 \times 100}{84,40} = 12,29$

Expérience XXI.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux dix minutes avant le travail (10e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,91	31	6,16	5,73
2	0,11	3	3,66	0,33
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				6,06

$$\text{Proportion : } \frac{6,06 \times 100}{84,40} = 7,18$$

Dans la dernière expérience le premier effort a perdu plus d'un tiers du travail normal et dès le troisième effort, le poids n'est plus soulevé et il en est de même jusqu'au vingtième effort. L'épuisement rapide et profond ne peut pas être expliqué par une excitation primitive, si on pouvait le soupçonner dans des expériences précédentes.

Cette dépression progressive pouvait être produite par l'accumulation du glycérophosphate. Nous avons continué le même exercice quotidien mais en supprimant le glycérophosphate. Dès que l'élimination se produit, on observe l'accroissement du travail d'un nombre constant d'efforts équidistants.

Expérience XXII.

Sans intervention, la dernière dose de glycérophosphate de chaux a été prise vingt-quatre heures avant.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,15	48	6,56	9,45
2	1,87	28	6,67	5,61
3	1,66	24	6,91	4,98
4	1,32	20	6,60	3,96
5	1,02	16	6,37	3,06
6	0,96	15	6,40	2,88
7	1,06	16	6,62	3,18
8	1,07	17	6,29	3,21
9	1,26	20	6,30	3,78
10	1,24	19	6,52	3,72
11	1,16	17	6,82	3,48
12	1,42	21	6,76	4,26
13	1,34	20	6,70	4,02
14	1,45	22	6,59	4,35
15	1,58	24	6,58	4,74
16	1,33	21	6,33	3,99
17	1,22	20	6,10	3,66
18	1,05	18	5,83	3,15
19	1,08	17	6,35	3,24
20	1,26	20	6,30	3,78
				82,50

Proportion : $\frac{82,50 \times 100}{84,40} = 97,74$

Expérience XXIII.

Sans intervention, la dernière dose de glycérophosphate de chaux a été prise quarante-huit heures avant.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,23	50	6,46	9,69
2	1,95	32	6,09	5,85
3	1,71	29	5,89	5,13
4	1,68	28	6,00	5,04
5	1,84	29	6,34	5,52
6	1,85	30	6,16	5,55
7	1,98	32	6,18	5,94
8	1,92	32	6,00	5,76
9	1,99	34	5,85	5,97
10	1,92	33	5,81	5,76
11	2,12	36	5,88	6,36
12	2,21	37	5,97	6,63
13	2,25	40	5,62	6,75
14	2,15	36	5,97	6,45
15	2,04	34	6,00	6,12
16	2,11	38	5,55	6,33
17	2,09	39	5,55	6,27
18	2,10	38	5,52	6,30
19	2,05	37	5,54	6,15
20	2,09	40	5,22	6,27
				123,84

Proportion : $\frac{123,84 \times 100}{84,40} = 146,68$

Expérience XXIV.

Sans intervention : la dernière dose de glycérophosphate de chaux a été prise soixante-douze heures avant.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,60	60	6,00	10,80
2	2,19	39	5,61	6,57
3	2,17	38	5,71	6,51
4	2,17	37	5,86	6,51
5	2,18	38	5,73	6,54
6	2,18	38	5,73	6,54
7	2,09	38	5,50	6,27
8	2,15	38	5,65	6,45
9	2,22	36	6,16	6,66
10	2,28	37	6,16	6,84
11	2,22	36	6,16	6,66
12	2,29	40	5,72	6,87
13	2,32	39	5,94	6,96
14	2,24	38	5,89	6,72
15	2,28	38	6,00	6,84
16	2,34	39	6,00	7,02
17	2,30	39	5,89	6,90
18	2,25	40	5,62	6,75
19	2,25	39	5,76	6,75
20	2,26	41	5,51	6,78
				137,94

$$\text{Proportion : } \frac{137,94 \times 100}{84,40} = 163,44$$

Nous avons observé déjà que les doses modérées d'excitants peuvent provoquer une plus grande capacité de travail[1]. Nous pouvons interpréter cette excitation croissante par l'élimination progressive du glycérophosphate. Mais le tableau va changer, le travail va diminuer pendant deux jours, puis il redevient à peu près normal. Ce second déficit peut être attribué à la fatigue.

Expérience XXV.

Sans intervention : la dernière dose de glycérophosphate de chaux a été prise quatre-vingt-seize heures avant.

1. Ch. Féré, Recherches expérimentales sur l'influence du sucre sur le travail (*Revue de médecine*, 1906, p. 22 et suiv.).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,82	61	6,26	11,46
2	2,27	40	5,65	6,81
3	2,30	42	5,45	6,90
4	1,08	18	6,00	3,24
5	0,75	13	5,76	2,25
6	0,57	11	5,18	1,71
7	0,50	10	5,00	1,50
8	0,39	8	4,87	1,17
9	0,24	6	4,00	0,72
10	0,19	5	3,80	0,57
11	0,14	4	3,50	0,42
12	0,15	4	3,75	0,45
13	0,14	4	3,50	0,42
14	0,12	3	4,00	0,36
15	0,04	3	1,33	0,12
16	0,02	2	1,00	0,06
17	0	0	0	0
18	0,015	1	0,05	0,045
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				38,205

Proportion : $\frac{38,205 \times 100}{84,40} = 45,26$

Expérience XXVI.

Sans intervention, la dernière dose de glycérophosphate de chaux a été prise cinq jours avant.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	4,06	66	6,15	12,18
2	1,28	22	5,84	3,84
3	0,82	14	5,85	2,46
4	0,55	11	5,00	1,65
5	0,47	9	5,22	1,41
6	0,30	7	4,28	0,90
7	0,20	5	4,00	0,60
8	0,14	5	2,80	0,42
9	0,05	3	1,66	0,15
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				23,61

Proportion : $\frac{23,61 \times 100}{84,40} = 27,97$

Expérience XXVII.

Sans intervention, la dernière dose de glycérophosphate de chaux a été prise six jours avant.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,19	50	6,38	9,57
2	1,76	29	6,06	5,28
3	1,59	27	5,88	4,77
4	1,34	22	6,09	4,02
5	1,21	20	6,05	3,63
6	1,40	23	6,08	4,20
7	1,19	20	5,95	3,57
8	1,42	23	6,17	4,26
9	1,10	18	6,11	3,30
10	1,26	20	6,30	3,78
11	1,33	21	6,33	3,99
12	1,06	18	5,88	3,18
13	1,31	21	6,23	3,93
14	1,26	20	6,30	3,78
15	1,21	20	6,05	3,63
16	1,30	21	6,19	3,90
17	1,30	23	5,65	3,90
18	1,21	20	6,05	3,63
19	1,41	23	6,13	4,23
20	1,15	19	6,05	3,45
				84,00

Proportion : $\frac{84,00 \times 100}{84,40} = 99,52$

Dans la dernière expérience on trouve un travail normal depuis le commencement jusqu'à la fin; il n'y a pas de trace d'excitation primitive ni de dépression exagérée consécutive.

Dans la série de 16 expériences nous n'en trouvons que deux où il existe une exaltation, et c'est justement lorsque l'élimination s'avance. Si nous prenons le total du travail de ces 16 expériences sous l'influence du glycérophosphate de chaux, nous trouvons 661 kl. 75. Le total de 16 expériences sans excitation (84,40) nous donne 1350 kl. 40. La comparaison de ces deux produits n'inspire pas la croyance que ce médicament est l'instaurateur du surhomme.

On pourrait être tenté de croire qu'une dose plus faible serait plus favorable. Nous avons essayé de prendre une dose moindre (0,25 ou 0,10), pendant quatre jours consécutifs; les expériences groupées relatives à la même dose, ont été séparées par au moins

une semaine. Nous avons travaillé de la même manière dix minutes après chaque dose. Nous nous contenterons de résumer ces expériences par leur travail dans les tableaux suivants qui montrent que le résultat est comparable à celui des expériences XII, XIII, XIV et XV les premières avec la dose de 0,50. Quand la dose est moindre, l'affaiblissement est moindre.

Tableau I.

Travail en kilogrammètres dix minutes après chacune des doses de 0,25 de glycérophosphate de chaux ingérés successivement à vingt-quatre heures d'intervalle.

Ergogrammes.	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III.	Exp. IV.
1	9,63	9,69	9,99	11,07
2	5,64	5,76	4,77	2,40
3	6,75	5,67	2,85	2,13
4	4,74	3,93	2,10	1,65
5	5,22	3,87	1,74	1,38
6	5,10	2,91	1,14	1,17
7	3,48	2,82	1,05	0,87
8	2,16	2,01	1,53	0,78
9	1,23	1,59	0,87	0,84
10	0,90	1,68	0,69	0,54
11	0,69	1,47	0,48	0,36
12	0,60	1,59	0,27	0,21
13	0,45	1,47	0,30	0,06
14	0,42	1,23	0,27	0,03
15	0,30	1,14	0,21	0
16	0,24	1,02	0,06	0
17	0,18	0,66	0,03	0
18	0,165	0,39	0	0
19	0,09	0,30	0	0,03
20	0,06	0,24	0	0
	48,045	49,34	28,35	23,52

Tableau II.

Travail en kilogrammètres dix minutes après chacune des doses de 0,10 de glycérophosphate de chaux ingérées successivement à vingt-quatre heures d'intervalles.

Ergogrammes.	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III.	Exp. IV.
1	9,66	9,87	10,20	10,50
2	3,48	4,68	2,79	3,15
3	2,85	4,59	2,73	2,64
4	2,85	4,11	2,16	2,19

Ergogrammes.	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III.	Exp. IV.
5	2,73	3,54	1,86	1,89
6	2,70	2,91	1,86	1,17
7	2,73	3,09	1,44	1,20
8	3,12	2,97	1,62	1,11
9	2,46	2,40	1,65	1,05
10	2,40	2,25	1,35	1,35
11	2,55	1,92	1,44	1,29
12	2,01	2,16	1,47	1,08
13	1,74	1,95	1,35	1,08
14	1,83	1,86	1,29	0,96
15	1,71	1,65	1,08	0,75
16	1,65	1,29	1,32	0,57
17	1,23	1,44	1,14	0,39
18	1,32	1,95	1,11	0,36
19	0,93	1,65	0,96	0,21
20	0,69	1,08	0,63	0,12
	30,64	37,36	39,45	33,06

Nous avons repris une nouvelle série d'expériences en prenant quatre jours de suite deux cachets de 0,50 de glycérophosphate de chaux (1 gr.).

Tableau III.

Travail en kilogrammètres dix minutes après chacune des doses de 1 gramme de glycérophosphate de chaux ingérée successivement à vingt-quatre heures d'intervalle.

Ergogrammes.	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III.	Exp. IV.
1	10,08	10,17	11,46	5,43
2	5,46	6,30	4,08	2,19
3	5,04	7,20	2,10	1,17
4	5,13	6,45	2,01	1,26
5	5,43	6,30	1,65	0,87
6	4,74	6,84	1,50	0,69
7	5,22	4,65	0,93	0,63
8	5,34	4,44	0,93	0,69
9	6,57	3,96	0,81	0,33
10	6,36	3,51	0,51	0,18
11	6,03	3,78	0,66	0,06
12	4,92	3,51	0,63	0,06
13	5,07	3,00	0,39	0
14	5,43	2,10	0,39	0
15	5,31	1,44	0,36	0
16	5,61	1,47	0,15	0
17	5,34	1,11	0,12	0
18	6,36	0,93	0	0
19	5,46	0,54	0	0
20	5,22	0,15	0	0
	114,12	77,85	28,68	13,56

La plus forte dose a donné la plus grande excitation et la plus durable, tellement que la première expérience du tableau III donne un travail supérieur à la normale; mais à la quatrième, au quatrième jour, le travail a diminué au point de l'abaisser plus bas que le plus faible travail avec les autres doses inférieures.

Rapport pour 100 du travail normal (84,40) du travail total avec le glycérophosphate de chaux suivant la dose et avec la date (4 jours):

	1 gr.	0 gr. 50	0 gr. 25	0 gr. 10
1er jour.....	135,21	41,23	56,92	60
2e jour.....	91,39	40,80	58,55	67,96
3e jour.....	33,98	16,90	33,59	46,74
4e jour.....	16,06	17,96	27,86	39,17

Avec les différentes doses faibles, le premier ergogramme s'élève chaque jour mais avec la dose la plus forte a atteint son maximum le troisième jour tandis qu'au quatrième, il a montré une perte d'emblée dès le premier effort; c'est-à-dire que l'affaiblissement du travail total ne peut pas être attribué à la fatigue des premiers efforts exaltés.

Les effets de l'accumulation d'autres composés phosphoriques (phytine, hypophosphite de chaux) peuvent offrir des résultats analogues [1].

III

Après dix jours d'abstinence de glycérophosphate, j'ai repris la dose de 0,50, et répété les premières expériences, pour constater l'exaltation primitive croissante consécutive aux deux premières doses successives. Cette exaltation, on la retrouve et aussi la dépression consécutive qui a varié un peu cependant. Puis nous avons continué la série avec les mêmes doses, mais nous avons travaillé avec l'économie de l'effort et nous avons comparé le résultat avec le travail fourni par les expériences du même ordre dans la série précédente.

Expérience XXVIII.

Après dix jours d'abstinence de glycérophosphate, un cachet de 0,50, dix minutes avant le travail (1er jour).

1. Note sur les effets excito-moteurs de l'accumulation de quelques composés phosphoriques (*C. R. de la Société de Biologie*, 1906, t. LX.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,26	52	6,26	9,78
2	1,66	28	5,92	4,98
3	1,05	19	5,52	3,15
4	0,83	15	5,53	2,49
5	0,77	14	5,50	2,31
6	0,61	11	5,54	1,83
7	0,51	10	5,10	1,53
8	0,38	9	4,22	1,14
9	0,47	8	5,87	1,41
10	0,41	8	5,12	1,23
11	0,28	7	4,00	0,84
12	0,22	6	3,66	0,66
13	0,13	5	2,60	0,39
14	0,14	6	2,33	0,42
15	0,09	4	2,25	0,27
16	0,09	4	2,25	0,27
17	0,11	5	2,20	0,33
18	0,06	4	1,50	0,18
19	0,03	3	1,00	0,09
20	0,03	3	1,00	0,09
				33,39

Expérience XXIX.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux, dix minutes avant le travail (2e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,50	60	5,83	10,50
2	1,42	26	5,46	4,26
3	1,41	26	5,42	4,23
4	1,30	24	5,41	3,90
5	0,96	18	5,33	2,88
6	0,90	16	5,62	2,70
7	0,70	13	5,38	2,10
8	0,70	12	5,83	2,10
9	0,60	12	5,00	1,80
10	0,54	12	4,50	1,62
11	0,50	10	5,00	1,50
12	0,48	9	5,33	1,44
13	0,44	9	4,88	1,32
14	0,33	6	5,50	0,99
15	0,25	6	4,16	0,75
16	0,31	6	5,16	0,93
17	0,22	5	4,40	0,66
18	0,14	4	3,50	0,42
19	0,12	4	3,00	0,36
20	0,09	3	3,00	0,27
				44,73

Expérience XXX.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux dix minutes avant le travail. Économie de l'effort, on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue (3e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,23	34	6,55	6,69
2	2,13	33	6,45	6,39
3	2,34	36	6,50	7,02
4	2,33	35	6,65	6,99
5	2,35	36	6,52	7,05
6	2,33	37	6,32	6,99
7	2,39	38	6,28	7,17
8	2,25	36	6,25	6,75
9	2,30	36	6,38	6,90
10	2,32	35	6,62	6,96
11	2,29	38	6,02	6,87
12	2,18	36	6,05	6,54
13	2,11	35	6,02	6,33
14	2,28	37	6,16	6,84
15	2,32	37	6,27	6,96
16	2,28	35	6,51	6,84
17	2,27	36	6,30	6,81
18	2,23	37	6,02	6,69
19	2,24	37	6,05	6,72
20	2,30	38	6,05	6,90
				136,41

$$\text{Proportion : } \frac{136,41 \times 100}{14,265 \text{ (Exp. XIV)}} = 956,25$$

Expérience XXXI.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux dix minutes avant le travail. Économie de l'effort : on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue (4e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,95	46	6,41	8,85
2	2,31	40	5,77	6,93
3	2,34	39	6,00	7,02
4	2,32	41	5,65	6,96
5	2,27	40	5,67	6,81
6	2,26	40	5,65	6,78
7	2,20	38	5,78	6,60
8	2,18	39	5,58	6,54

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
9	1,42	23	6,17	4,26
10	1,75	28	6,25	5,25
11	2,24	36	6,22	6,72
12	2,30	37	6,21	6,90
13	2,15	38	5,65	6,45
14	2,22	39	5,69	6,66
15	1,56	28	5,57	4,68
16	1,77	29	6,10	5,31
17	2,04	34	6,00	6,12
18	2,38	41	5,80	7,14
19	2,32	40	5,80	6,96
20	2,29	40	5,72	6,87
				129,81

$$\text{Proportion : } \frac{129,81 \times 100}{15,12 \text{(Exp. XV)}} = 858,53$$

Expérience XXXII.

Un cachet de 0,50 de glycérophosphate de chaux dix minutes avant le travail. Économie de l'effort, on s'arrête à chaque ergogramme à la sensation de fatigue (5e jour).

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,58	38	6,78	7,74
2	2,37	37	6,40	7,11
3	2,34	40	5,85	7,02
4	2,23	38	5,86	6,69
5	2,29	35	6,54	6,87
6	2,37	38	6,23	7,11
7	2,31	37	6,24	6,93
8	2,21	37	5,97	6,63
9	2,31	36	6,41	6,93
10	2,10	39	5,38	6,30
11	1,74	32	5,43	5,22
12	2,14	38	5,63	6,42
13	2,30	39	5,89	6,90
14	2,24	38	5,89	6,72
15	2,24	40	5,60	6,72
16	2,30	44	5,22	6,90
17	2,23	41	5,43	6,69
18	2,29	43	5,32	6,87
19	2,16	40	5,40	6,48
20	2,27	44	5,15	6,81
				135,06

$$\text{Proportion : } \frac{135,06 \times 100}{14,61 \text{ (Exp. XVI)}} = 924,44$$

Si nous comparons le travail réservé des trois expériences avec le travail normal (Exp. I) nous observons un bénéfice considérable.

Expériences.	Travail total.	Proportion.
I	84,40	100
XXX	136,41	161,62
XXXI	129,81	153,77
XXXII	135,44	160,02

Parmi les dix expériences sur l'économie de l'effort sans excitation préalable nous ne trouvons qu'un seul exemple de bénéfice dépassant 50 p. 100; il y en a 3 sur 3 avec le glycérophosphate.

Si nous comparons ces trois dernières expériences avec celles du le travail épuisant sous l'influence des mêmes doses dans la même succession, nous obtenons encore une augmentation beaucoup plus considérable.

Travail épuisant = 100		Travail réservé.		Proportion.
Exp. XIV...	14,205	Exp. XXX....	136,41	936,25
Exp. XV....	15,12	Exp. XXXI...	129,81	858,53
Exp. XVI...	14,61	Exp. XXXII...	135,44	924,44

Sans excitation, l'économie de l'effort augmente le travail de 18 à 56 p. 100. Avec une excitation éphémère l'économie de l'effort décuple presque le travail. Il était intéressant de vérifier ces effets à propos d'autres excitations.

IV

On a repris des expériences avec l'alcool qui donne une excitation éphémère suivie rapidement d'une dépression. L'excitation est plus ou moins intense ou prolongée suivant le mode d'emploi; mais les mêmes effets ont le même sens, quand les efforts sont poussés jusqu'à l'épuisement. Dans l'expérience suivante on trouve des résultats ordinaires : elle donne une réduction de travail de près de moitié du travail normal. Quand avec la même dose d'alcool administré de la même manière, grâce à l'effort réservé, le travail augmente considérablement.

Expérience XXXIII.

Au début du travail, déglutition d'un mélange de 10 centimètres cubes d'alcool absolu avec 10 centimètres cubes d'eau distillée.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,78	61	6,19	11,34
2	1,53	27	5,66	4,59
3	1,40	24	5,83	4,20
4	0,88	15	5,86	2,64
5	0,90	15	6,00	2,70
6	0,72	12	6,00	2,16
7	0,69	12	5,75	2,07
8	0,51	10	5,10	1,53
9	0,45	9	5,00	1,35
10	0,51	9	5,66	1,53
11	0,41	8	5,12	1,23
12	0,38	8	4,75	1,14
13	0,32	7	4,57	0,96
14	0,30	6	5,00	0,90
15	0,28	6	4,66	0,84
16	0,24	5	4,80	0,72
17	0,24	5	4,80	0,72
18	0,24	5	4,80	0,72
19	0,18	4	4,50	0,54
20	0,11	3	3,66	0,33
				42,21

Expérience XXXIV.

Au début du travail, déglutition d'un mélange de 10 centimètres cubes d'alcool absolu avec 10 centimètres cubes d'eau distillée. Économie de l'effort : on arrête à chaque ergogramme à la sensation pénible de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,64	41	6,43	7,92
2	2,21	38	5,81	6,63
3	2,32	40	5,80	6,96
4	2,14	39	5,48	6,42
5	1,15	19	6,05	3,45
6	2,10	36	5,83	6,30
7	1,35	23	5,86	4,05
8	1,69	30	5,63	5,07
9	2,00	34	5,88	6,00
10	1,73	30	5,76	5,19
11	1,52	26	5,84	4,56
12	1,82	31	5,83	5,43
13	2,00	34	5,88	6,00
14	1,93	33	5,84	5,79
15	1,54	26	5,92	4,62
16	1,84	30	6,13	5,52
17	2,07	35	5,91	6,21
18	2,23	39	5,71	6,69
19	1,84	32	5,75	5,52
20	1,82	33	5,51	5,46
				113,79

Si nous comparons le travail avec l'économie de l'effort dans la dernière expérience (Exp. XXXIV) avec le travail de l'expérience type (Exp. I), et avec le travail avec la même dose de l'alcool et l'effort sans réserve (Exp. XXXIII), nous retrouvons les avantages ordinaires de l'économie de l'effort et du ménagement de la fatigue.

Rapport avec le travail normal du travail avec l'alcool.

	Travail total en kilogrammes.	Proportion
Travail normal (Exp. I).....	84,40	100
Travail avec l'alcool (Exp. XXXIII), effort sans réserve.....	42,21	50,01
Travail avec l'alcool (Exp. XXXIV), économie de l'effort.....	113,79	134,82

Rapport du travail sans réserve et du travail avec l'économie de l'effort sous l'influence de l'alcool.

Travail sans réserve.....	42,21	100
Travail avec l'économie.....	113,79	269,58

V

On a fait quelques expériences avec des excitations sensorielles. On s'est servi d'un diapason en La², monté sur une caisse de résonance adaptée, et actionné par la même pile électrique. Avant chaque travail quotidien, immédiatement avant le premier effort, le diapason est mis en vibration pendant 20, 40 ou 60″. En augmentant la dose de l'excitation sonore le travail obtenu par des efforts poussés jusqu'à l'épuisement s'atténue graduellement. Les mêmes excitations perdent leur effet déprimant quand le travail est obtenu par le même nombre d'efforts équidistants avec l'économie de la fatigue.

Expérience XXXV.

Son du diapason La² pendant 20 secondes avant le travail.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,47	64	5,42	10,41
2	1,25	24	5,20	3,75
3	1,05	19	5,52	3,15
4	0,90	17	5,29	2,70
5	0,93	17	5,47	2,79

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
6	0,80	15	5,33	2,40
7	0,84	15	5,60	2,52
8	0,86	14	6,14	2,58
9	0,81	15	5,40	2,43
10	0,75	14	5,35	2,25
11	0,67	13	5,15	2,01
12	0,58	11	5,27	1,74
13	0,63	12	5,25	1,89
14	0,53	11	4,81	1,59
15	0,48	10	4,80	1,44
16	0,25	7	3,57	0,75
17	0,26	6	4,33	0,78
18	0,22	5	4,40	0,66
19	0,20	5	4,00	0,60
20	0,11	4	2,75	0,33
				46,77

Expérience XXXVI.

Son du diapason La² pendant 20 secondes avant le travail. Économie de l'effort; à chaque ergogramme on suspend le travail à la sensation pénible de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,93	32	6,03	5,79
2	2,08	36	5,77	6,24
3	1,56	28	5,57	4,68
4	1,62	28	5,78	4,86
5	1,65	29	5,68	4,95
6	1,78	30	5,93	5,34
7	2,02	36	5,61	6,06
8	1,75	32	5,46	5,25
9	1,76	34	5,17	5,28
10	1,79	32	5,59	5,37
11	1,83	33	5,54	5,49
12	1,75	33	5,30	5,25
13	1,68	31	5,41	5,04
14	1,81	34	5,32	5,43
15	1,86	34	5,47	5,58
16	1,96	36	5,44	5,88
17	1,99	37	5,37	5,97
18	1,38	25	5,52	4,14
19	1,73	31	5,58	5,19
20	1,69	31	5,45	5,07
				106,86

Expérience XXXVII.

Son du diapason La² pendant 40 secondes avant le travail.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,43	36	6,75	7,29
2	1,02	16	6,37	3,06
3	0,75	12	6,25	2,25
4	0,72	12	6,00	2,16
5	0,50	9	5,55	1,50
6	0,45	8	5,62	1,35
7	0,40	8	5,00	1,20
8	0,35	7	5,00	1,05
9	0,27	6	4,50	0,81
10	0,22	6	3,66	0,66
11	0,17	5	3,40	0,51
12	0,13	4	3,25	0,39
13	0,15	5	3,00	0,45
14	0,13	4	3,25	0,39
15	0,14	4	3,50	0,42
16	0,11	4	2,75	0,33
17	0,08	3	2,66	0,24
18	0,07	3	2,33	0,21
19	0,04	3	1,33	0,12
20	0,02	2	1,00	0,06
				24,45

Expérience XXXVIII.

Son du diapason La² pendant 40 secondes avant le travail. Économie de l'effort : à chaque ergogramme on suspend le travail à la sensation pénible de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,40	38	6,31	7,20
2	1,55	25	6,20	4,65
3	1,51	26	5,80	4,53
4	1,52	26	5,84	4,56
5	2,10	36	5,83	6,30
6	1,63	27	6,03	4,89
7	1,79	31	5,77	5,37
8	1,57	26	6,03	4,71
9	2,02	34	5,94	6,06
10	2,09	35	5,97	6,27
11	2,10	34	6,17	6,30
12	2,12	36	5,88	6,36
13	2,15	35	6,16	6,45
14	2,12	36	5,88	6,36
15	2,16	35	6,17	6,48
16	2,13	35	6,08	6,39
17	2,13	37	5,75	6,39
18	2,14	38	5,63	6,42
19	2,30	40	5,75	6,90
20	2,21	36	6,13	6,63
				119,22

Expérience XXXIX.

Son du diapason La² pendant une minute avant le travail.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulevements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total en kilogrammètres).
1	1,62	27	6,00	4,86
2	0,60	11	5,45	1,80
3	0,49	8	6,12	1,47
4	0,42	8	5,25	1,26
5	0,39	7	5,57	1,17
6	0,32	6	5,33	0,96
7	0,41	8	5,12	1,23
8	0,28	6	4,66	0,84
9	0,22	6	3,66	0,66
10	0,23	5	4,60	0,69
11	0,18	5	3,60	0,54
12	0,16	4	4,00	0,48
13	0,14	4	3,50	0,42
14	0,12	4	3,00	0,36
15	0,15	4	3,75	0,45
16	0,15	4	3,75	0,45
17	0,10	4	2,50	0,30
18	0,07	3	2,33	0,21
19	0,04	2	2,00	0,12
20	0,03	2	1,50	0,09
				18,36

Expérience XL.

Son du diapason La² pendant une minute avant le travail. Économie de l'effort : à chaque ergogramme on suspend le travail à la sensation pénible de fatigue.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,11	18	6,16	3,33
2	1,70	27	6,29	5,10
3	1,73	28	6,17	5,19
4	2,11	35	6,02	6,33
5	2,24	38	5,89	6,72
6	1,93	35	5,51	5,79
7	1,97	37	5,32	5,91
8	1,40	25	5,60	4,20
9	1,66	28	5,92	4,98
10	2,16	36	6,00	6,48
11	2,14	38	5,63	6,42
12	2,04	38	5,36	6,12
13	1,49	27	5,51	4,47
14	1,66	29	5,72	4,98

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
15	1,88	33	5,69	5,64
16	2,23	39	5,71	6,69
17	2,16	38	5,68	6,48
18	2,11	37	5,72	6,33
19	2,15	37	5,81	6,45
20	2,20	38	5,78	6,60
				114,21

Si nous comparons les deux expériences où il s'agit de la même dose d'excitant, nous voyons que l'économie de l'effort est plus efficace quand les conditions dépressives sont plus marquées avec le travail épuisant.

Résumons ces dernières expériences :

Diapason temps.	Travail réel jusqu'à l'épuisement = 100	Travail, économie de l'effort.	Proportion.
20″	46,77	106,86	228,47
40″	24,45	119,22	487,60
60″	18,36	114,21	622,05

Au reste les expériences précédentes indiquent que l'économie de l'effort est plus profitable dans la fatigue.

W. R. Wright[1] a comparé expérimentalement avec un ergographe différent la quantité de travail fourni soit quand le sujet s'efforce tant qu'il peut jusqu'à la fatigue sans idée déterminée, soit quand il se préoccupe d'obtenir un produit le plus grand possible. Dans le premier cas il n'a pas le droit de compter ses mouvements; dans le second il peut compter en s'excitant au travail. L'auteur en conclut que le sujet travaille mieux sous l'influence d'une stimulation mentale et en outre que la fatigue est moindre quand le sujet travaille avec le stimulus d'un but défini bien que le travail soit augmenté.

Nous avons bien constaté que l'action de compter les mouvements réalise une excitation[2]; la représentation du mouvement et d'autres stimulations mentales peuvent procurer la même excitation. Quant à la diminution de la fatigue à la suite d'une excitation quelconque, c'est un fait contestable.

Nous avons relevé que les excitations efficaces, quelles qu'elles

1. W. R. Wright, Some effects of on work and fatigue (*The psychological review*, vol. XIII, 1906, p. 23).

2. Ch. Féré, *Travail et plaisir, Nouvelles études expérimentales de psycho-mécanique*, 1904, in-8, p. 362.

soient, augmentent non seulement la quantité de travail, mais ses qualités et en particulier l'amplitude des mouvements : le nombre des mouvements peut diminuer quoique le travail augmente. La diminution de l'amplitude des mouvements est caractéristique de la fatigue mais la persistance de leur hauteur ne prouve pas qu'il n'existe aucune fatigue. Nous avons vu qu'avec un rythme lent les mouvements peuvent conserver une hauteur constante pendant très longtemps puis que la fatigue se manifeste tout à coup.

L'absence de fatigue n'est caractérisée en réalité que par la capacité normale de travail. Wright ne parle que d'un effort dans les deux conditions étudiées : il n'a donc pas constaté réellement l'absence de la fatigue ou la diminution de la fatigue.

L'étude de la capacité de travail à des intervalles déterminées peut établir la mesure de la fatigue dans des conditions différentes.

J'ai fait une nouvelle expérience de travail après le repos total, le matin à la même heure, sans aucune intervention préalable, puis une autre expérience avec l'idée de mieux faire et en comptant les soulèvements. Le travail a été le même que précédemment; le médius droit soulève à chaque seconde 3 kilogr. jusqu'à l'épuisement; 20 efforts se reproduisent à 1 minute d'intervalle de repos.

Expérience XLI.

Sans excitation.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,21	50	6,42	9,63
2	1,66	28	5,92	4,98
3	1,60	27	5,92	4,80
4	1,46	24	6,08	4,38
5	1,36	22	6,18	4,08
6	1,44	23	6,26	4,32
7	1,03	18	5,72	3,09
8	1,24	21	5,90	3,72
9	1,18	21	5,61	3,54
10	1,26	21	6,00	3,78
11	1,24	21	5,90	3,72
12	1,53	25	6,12	4,59
13	1,25	22	5,68	3,75
14	1,31	21	6,23	3,93
15	1,69	27	6,25	5,07
16	1,31	22	5,95	3,93
17	1,24	22	5,63	3,72
18	1,35	23	5,86	4,05
19	1,18	20	5,90	3,54
20	1,32	23	5,73	3,96
				86,58

Expérience XLII.

Travail forcé pendant lequel on compte à haute voix chaque soulèvement à chaque ergogramme.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,54	53	6,67	10,62
2	1,75	27	6,48	5,25
3	1,64	26	6,40	4,92
4	1,40	22	6,36	4,20
5	1,02	15	6,80	3,06
6	1,13	17	6,64	3,39
7	1,16	17	6,82	3,48
8	1,09	17	6,41	3,27
9	0,83	13	6,38	2,49
10	0,86	13	6,61	2,58
11	0,64	11	5,81	1,92
12	0,52	9	5,77	1,56
13	0,48	7	6,85	1,44
14	0,43	7	6,14	1,29
15	0,39	7	5,57	1,17
16	0,37	6	6,16	1,11
17	0,31	6	5,16	0,93
18	0,29	5	5,80	0,87
19	0,22	4	5,50	0,66
20	0,14	3	4,66	0,42
				54,63

Dans cette dernière expérience on s'est constamment préoccupé des chances d'augmenter le travail en comptant exactement les soulèvements à haute voix. Le travail s'est exalté dans les trois premiers ergogrammes et le nombre des mouvements n'a pas augmenté proportionnellement, de sorte que la hauteur moyenne s'est relevée comparativement avec l'expérience précédente exécutée plusieurs jours auparavant. Dans les ergogrammes 2 et 3 de l'expérience XLII le travail est augmenté et le nombre des soulèvements a diminué. Si on admet que la hauteur moyenne décroissante est un caractère de fatigue, on peut admettre, en raison de ce fait, que la fatigue est moindre dans la seconde expérience. Nous avons déjà relevé que la grande hauteur des soulèvements ne prouve pas la persistance indéfinie de la capacité de travail. Dans la dernière expérience le treizième ergogramme montre la hauteur moyenne maxima, bien que le travail soit en pleine décroissance. D'ailleurs, avec l'excitation rendue évidente par l'exaltation éphémère du

début, le travail total des 20 efforts manifeste un déficit important, $\frac{54,63 \times 100}{86,58} = 63,09$. Ce fait est bien démonstratif : le travail forcé n'est pas avantageux : le soldat de Marathon avait bien enseigné que l'effort forcé dirigé vers le but le plus louable, tourne mal. Il n'y a pas d'excitation sans dépression consécutive. La volonté bien arrêtée de la surproduction ne produit qu'une surproduction éphémère.

Les premiers ergogrammes de notre expérience XLII concordent avec les ergogrammes uniques de Wright, la discordance entre nos expériences n'apparaît qu'après le travail prolongé de mon expérience avec sa relativement longue série d'efforts. Il me paraît admissible qu'une série d'efforts s'approche plutôt qu'un seul effort de la fatigue qu'il s'agit d'étudier. Je sais bien que le travail par séries peut être plus fastidieux; mais il est moins fastidieux si la curiosité du travailleur est moins fragile, et il me paraît avantageux de l'utiliser.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de comparer l'effet de la volonté bien arrêtée de la surproduction, avec celui de la volonté bien arrêtée de faire les soulèvements les plus élevés possibles. Le résultat suivant (Exp. XLIII) nous montre que cette tentative de perfectionnement qualitatif procure un déficit du travail dès le début et se continue jusqu'à la fin.

Expérience XLIII.

Pendant toute la durée on est préoccupé exclusivement à faire des soulèvements les plus haut possible; sans autre excitation.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,38	35	6,80	7,14
2	1,11	17	6,52	3,33
3	1,05	16	6,56	2,15
4	1,22	18	6,77	3,66
5	1,14	17	6,70	3,42
6	0,76	12	6,33	2,28
7	0,65	11	5,90	1,95
8	0,73	12	6,08	2,19
9	0,39	7	5,57	1,17
10	0,41	7	5,85	1,23
11	0,36	7	5,14	1,08

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
12	0,17	4	4,25	0,51
13	0,13	3	4,33	0,49
14	0,11	3	3,66	0,33
15	0,09	3	3,00	0,27
16	0,12	3	4,00	0,36
17	0,12	3	4,00	0,36
18	0,16	3	5,33	0,48
19	0,16	3	5,33	0,48
20	0,13	3	4,33	0,39
				34,17

En somme, les tentatives directes de perfectionnement du travail aboutissent à une fatigue plus rapide et a plus de douleur car fatigue et douleur sont indissolublement liées. On ne peut guère obtenir un perfectionnement des mouvements sans douleur; mais on peut obtenir indirectement un perfectionnement du travail en ménageant la fatigue et la douleur; c'est un travail agréable et même attrayant tant que l'effort est assez réticent pour tenir éloignée la fatigue.

L'économie de l'effort, c'est-à-dire le ménagement de la fatigue, est avantageux au travail; mais cet avantage n'est pas indéfini (Exp. V). L'économie de l'effort cependant mérite d'être cultivé mais aussi l'économie de l'excitation[1] qui précipite de même la fatigue.

1. Ch. Féré, Recherches expérimentales sur l'influence du sucre sur le travail (*Revue de médecine*, 1906, p. 24). — Le travail exalté par une excitation nécessite un repos supplémentaire (*C. R. de la Soc. de Biologie*, 1906, t. LX, p. 535).

LES TORSIONS OSSEUSES

OÙ SE FONT-ELLES? (NOTE COMPLÉMENTAIRE)

Par P. Le DAMANY

Professeur à l'École de Médecine de Rennes.

Dans notre étude sur les torsions des os [1] un point justiciable de l'expérimentation est resté insuffisamment démontré. Nous avons affirmé qu'elles se font dans le cartilage de conjugaison, entre la diaphyse ossifiée et l'épiphyse osseuse ou cartilagineuse. Tout concordait à nous faire admettre qu'il en est ainsi, mais des expériences nouvelles nous ont paru nécessaires pour le prouver. En voici une que nous avons répétée souvent, et toujours avec des résultats similaires. Elle est absolument probante.

Quand on luxe en avant, dans la fosse iliaque, la tête du fémur d'un lapin, le col fémoral, par le fait même de cette luxation, de transversal qu'il était devient antéro-postérieur. La rotule, d'antérieure est devenue externe. Le fémur, en totalité, a tourné d'un quart de cercle en dehors. L'équilibre musculaire est rompu, la position du membre est vicieuse. La tonicité et les contractions des muscles tendent à tordre l'os pour ramener le genou en avant. Si l'animal est adulte cette torsion ne se fait pas, l'os garde sa forme première. Mais s'il est très jeune la correction s'obtient en quelques semaines. Parfois même, sous l'influence d'actions musculaires dont la détermination serait oiseuse ici, la correction s'exagère et la rotule arrive à regarder plus ou moins directement en dedans. La torsion fémorale est alors énorme, elle peut égaler ou même dépasser un angle droit. Quand elle atteint une pareille ampleur son existence est hors de conteste.

Reste à savoir dans quelle partie de l'os elle s'accomplit. Chez

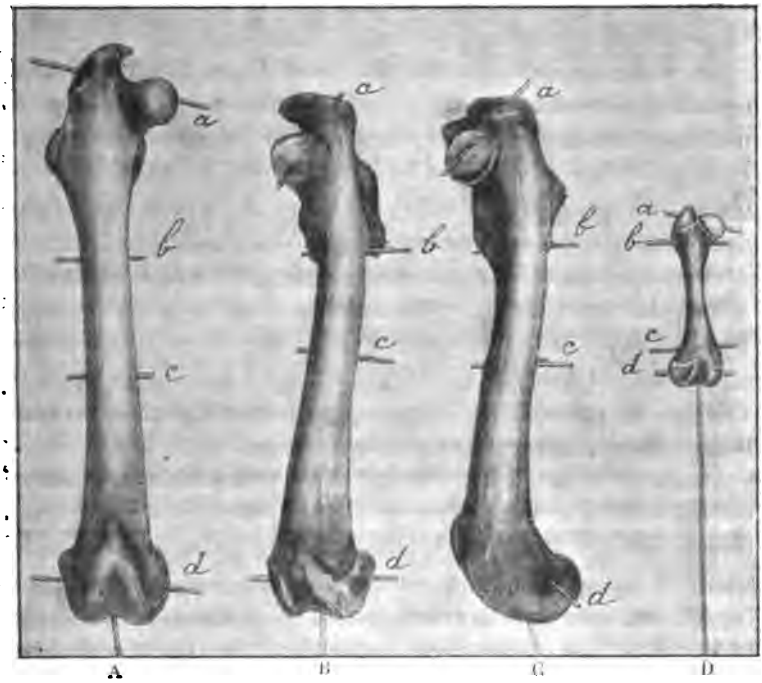
1. *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, mars-octobre 1903.

un lapereau de huit à douze jours, luxons en avant la tête d'un fémur. Ensuite, introduisons quatre chevilles dans l'os luxé, parallèlement aux axes épiphysaires, c'est-à-dire perpendiculairement au tibia fléchi à angle droit. Ce seront des fragments d'épingles fines en acier, ou d'aiguilles à coudre. La première est placée dans l'épiphyse inférieure; elle ne sera rognée au ras de la peau qu'après introduction des trois autres; ainsi elle nous servira de guide. La seconde est enfoncée dans l'épiphyse supérieure, elle traverse le trochanter et la tête, et affleure seulement la face supérieure du col. Les deux dernières traversent la diaphyse le plus près possible du cartilage de conjugaison. Toutes quatre sont dans un même plan, et ce plan est celui que déterminent les deux axes épiphysaires. Si on voulait simplifier l'opération, on pourrait supprimer les deux chevilles des épiphyses et les supposer représentées par les axes correspondants.

L'animal est sacrifié quelques mois plus tard. Si la luxation s'est maintenue et si le genou s'est tourné en dedans, le fémur est énormément tordu. A l'autopsie, les deux chevilles placées dans la diaphyse ont gardé exactement leur situation primitive. Projetées sur un plan perpendiculaire à l'axe de l'os, ces deux tiges sont parallèles entre elles. Au contraire, sur ce même plan, la projection de chaque cheville épiphysaire forme, avec la projection des chevilles diaphysaires, un angle assez grand : la torsion totale est la somme de ces deux angles (fig. 1).

1° Cette torsion ne s'est pas faite dans le cylindre diaphysaire qui existait avant le début de l'expérience, puisque les repères placés dans cette partie ont gardé leur parallélisme. 2° Elle ne s'est pas exécutée dans l'os diaphysaire développé après l'opération, car cet os, une fois constitué, a les mêmes propriétés de résistance que la partie la plus ancienne de la diaphyse. 3° Son siège ne saurait être les épiphyses; outre qu'elles ne diffèrent pas essentiellement de l'os diaphysaire, la partie située entre l'aiguille repère et le cartilage de conjugaison peut être schématiquement représentée comme un disque très large et très plat (épiphyse inférieure), ou comme deux rondelles presque indépendantes l'une de l'autre et aussi très peu épaisses (épiphyse supérieure). Toute torsion y est impossible.

La torsion ne s'étant produite ni dans la diaphyse ni dans les



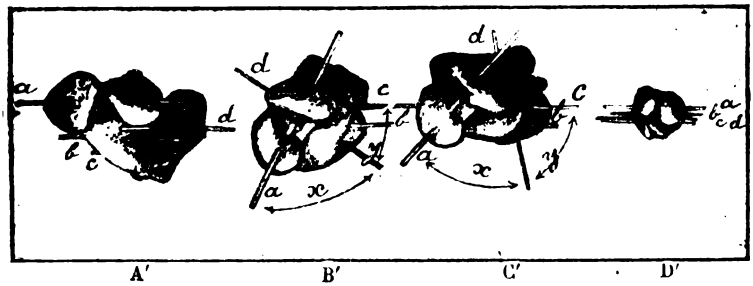


Fig. 1. — En D nous voyons la situation primitive des chevilles par rapport aux cartilages de conjugaison. Le fémur vu en raccourci, D' (image tropométrique), nous montre que toutes les aiguilles sont dans le plan des axes épiphysaires. Le lapin avait 12 jours.

B et C nous montrent les résultats de l'expérience cinq mois plus tard. Les fémurs se sont tordus, l'un de 130°, l'autre de 110°, à la suite d'une luxation en avant de la tête fémorale. Les extrémités de l'os, par le fait de la croissance, se sont éloignées des chevilles *b* et *c*. Ces deux chevilles sont restées parallèles entre elles. Les deux épiphyses, au contraire, ont tourné, la supérieure de l'angle x, l'inférieure de l'angle y, angles formés respectivement par les tiges précédentes avec la cheville *a* et avec la cheville *d*. La torsion totale est la somme de ces deux angles : $x + y$.

A et A' représentent un fémur de même âge, enchevillé dans les mêmes conditions que B et C. Mais n'ayant pas été luxé il ne s'est pas tordu ; les quatre chevilles sont restées parallèles au plan des axes épiphysaires

épiphyses ne peut avoir pour siège que les lignes de jonction diaépiphysaires, les cartilages de conjugaison.

Les os présentent là, sur les deux faces de ces disques cartilagineux, à l'endroit où le cartilage se transforme en os, une zone de moindre résistance. On met en évidence cette « minor resistentia » en dépouillant complètement de son périoste un humérus ou un fémur frais soit de fœtus, soit de très jeune sujet. Les blocs épiphysaires se détachent alors de la diaphyse avec la plus grande facilité. L'union réciproque était, au contraire, relativement solide quand le périoste était intact; cette membrane est donc le principal moyen d'union de la diaphyse et des épiphyses chez les tout jeunes sujets. Un peu extensible, elle permet des légers mouvements de rotation de celles-ci sur celle-là. Indéfiniment répétés et additionnés ils déterminent la torsion.

Ainsi c'est au niveau de leurs lignes d'accroissement longitudinal que les os longs se tordent par un allongement spiroïde. Ces lignes correspondent à l'union de la diaphyse avec les épiphyses cartilagineuses, puis, plus tard, quand les points épiphysaires sont développés, aux deux faces des cartilages de conjugaison. L'intensité de la torsion, toutes choses égales par ailleurs, est toujours proportionnelle à l'activité de l'ostéogénèse. Elle se fait donc en presque totalité sur la face diaphysaire de ces cartilages.

DES ÉLÉMENTS QUI SERVENT
A LA CROISSANCE ET A LA RÉNOVATION DU DERME
SONT-ILS D'ORIGINE CONJONCTIVE, VASCULAIRE OU ÉPITHÉLIALE?

Il importe au médecin de savoir comment évoluent les téguments et les muqueuses et d'où proviennent leurs couches superficielles et profondes. Tant qu'on se bornait à l'examen à l'œil nu, l'épiderme passait pour du mucus, une sorte de vernis protecteur.

Le microscope montra que les téguments ou les muqueuses sont recouverts d'une couche continue de cellules épithéliales. Chez l'adulte, une membrane transparente, sans structure, semble interposée entre l'épithélium et la surface du derme. Comme, d'autre part, l'épithélium apparaît pendant la période blastodermique avant le tissu conjonctif, on a soutenu et on prétend encore que le tissu conjonctif du derme se développe aux dépens d'un germe spécial qui vient plus tard s'accoler et se souder à la face profonde de l'épithélium pour constituer le derme.

En un mot, l'épithélium serait d'origine ectodermique ou endodermique, tandis que le derme serait de provenance mésodermique. D'après cette doctrine, toute l'évolution de l'épithélium consisterait dans les phénomènes suivants : les cellules profondes se multiplieraient pour fournir les éléments des couches moyennes, et ceux-ci remplaceraient les cellules superficielles qui disparaissent par fonte ou par desquamation pour finalement tomber dans le milieu extérieur.

Quant au *derme*, les uns regardent son évolution comme se faisant également de la profondeur vers la surface, c'est-à-dire vers l'épithélium sus-jacent. Les papilles ne seraient, par conséquent, que des végétations des couches conjonctives superficielles. D'autres, plus prudents, après avoir parlé de l'évolution de l'épithélium, oublient de dire dans quel sens évolue le derme; ils ne soulèvent même pas la question de savoir d'où proviennent les assises superficielles du derme ou des chorions en général. Pour expliquer l'origine des cellules rondes et libres dans l'épithélium ou celle des cellules pigmentaires, ils ont recours à une théorie qui repose sur un processus pathologique, c'est-à-dire aux leucocytes migrateurs qui, après s'être accumulés dans le derme (*infiltration lymphoïde*) iraient se réfugier également entre les cellules épithéliales.

En 1885, j'ai eu l'occasion d'étudier des formations lymphoïdes dépen-

dant des muqueuses (bourse de Fabricius et amygdales). J'ai vu des faits qui ne concordaient guère avec la théorie classique. Pour vérifier mes observations, j'ai étendu mes recherches à d'autres animaux, ainsi qu'aux organes lymphoïdes, dits follicules clos de l'intestin ou plaques de Peyer. J'ai trouvé que ces divers organes se développent et évoluent autrement qu'on ne l'admet.

De plus, au cours de ces études, j'ai porté mon attention sur les régions cutanées ou muqueuses dépourvues de follicules clos et j'ai suivi également les phénomènes évolutifs dont elles sont le siège. Au lieu de se reproduire ou de se renouveler aux dépens des cellules conjonctives ou vasculaires, la rénovation des couches superficielles m'a paru se faire par des cellules épithéliales. De sorte qu'outre les cellules que fournissent les assises profondes de l'épithélium pour remplacer les cellules épithéliales superficielles qui disparaissent, l'épithélium fournit incessamment, même chez l'adulte, des cellules qui évoluent vers la profondeur en se transformant, il est vrai, en éléments du derme. La couche profonde de l'épithélium est donc la souche ou la matrice de tout le tégument ou muqueuse, et, outre leur évolution vers le monde extérieur, ces membranes évoluent constamment vers la profondeur.

Telles sont les propositions qui découlent de plusieurs séries de recherches. Pour montrer leur bien fondé, il me semble nécessaire d'indiquer les méthodes et les modes d'expérimentation que j'ai mises en œuvre pour les établir et de citer d'autres travaux confirmatifs.

Je grouperai les faits sous les chefs suivants :

I. *Faits de développement morphologique.* — Dès 1885, j'ai signalé le fait fondamental qui domine toute l'histoire des téguments et des muqueuses : *toujours aux points où vont se développer des amas de cellules rondes (infiltration lymphoïde), l'épithélium commence par présenter un épaississement épithélial.*

Dans la *bourse de Fabricius des Oiseaux*[1], j'ai vu que des bourgeons d'origine épithéliale prennent part à la formation de cet organe composé, chez le jeune oiseau, de follicules clos.

L'analogie de structure de la bourse de Fabricius des Oiseaux et des follicules clos des Mammifères m'a conduit à étudier le développement des amygdales et des plaques de Peyer des Mammifères. Les résultats de mes premières recherches[2] sur les amygdales humaines, sur celles des cétacés et la plupart des espèces de mammifères domestiques. furent les suivants : les cellules épithéliales se multiplient pour donner naissance à des bourgeons qui se transforment en éléments arrondis ou lymphoïdes.

Poursuivant l'étude des follicules clos, j'ai examiné le développement

1. *C. R. de Académie des Sciences*, 16 mai 1885 et 29 juin 1885; puis *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1885, p. 369, avec 3 planches.

2. *C. R. de l'Académie des Sciences*, 29 juin et 14 décembre 1885; *C. R. Soc. de Biologie*, 23 janvier, 27 novembre, 4 décembre, 11 et 18 décembre 1886, et *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, janvier et août 1889, p. 160, 32 dessins originaux.

des plaques de Peyer. Chez le lapin et le cobaye [1], les follicules clos dérivent de bourgeons épithéliaux. Il en va de même chez les Ruminants et les Solipèdes [2].

Il résulte des observations précédentes [3] que l'épithélium superficiel des muqueuses et les bourgeons qu'il émet prennent une part active à la formation des follicules clos. A cette époque, je partageais l'opinion classique, d'après laquelle la trame ou le réticulum de ces organes était toujours d'origine conjonctive ou mésodermique. D'abord purement *épithéliaux*, les bourgeons présentèrent plus tard une trame *réticulée* dont l'origine sera établie plus loin. Je conclus de ces premières recherches que l'épithélium donne naissance aux éléments libres (cellules lymphoïdes) qui sont donc des descendants épithéliaux. Ce n'était là qu'une partie de la vérité, car mes investigations ultérieures me prouvèrent que tout l'organe (éléments libres et trame) provient de la transformation des cellules épithéliales.

Il en est qui ont cru enlever toute signification à ce fait nouveau, l'étrangler, en un mot, en le cataloguant et en le faisant rentrer dans un vieux système : les épithéliums peuvent devenir des paraépithéliums, quand les vaisseaux sanguins les pénètrent et en remanient la disposition primitive. Il est douteux que de pareils remaniements se produisent. En tout cas, pour ce qui est des bourgeons épithéliaux qui représentent les ébauches des follicules clos, les choses se passent autrement. Ce sont les cellules épithéliales elles-mêmes qui se multiplient, se transforment en éléments libres, en trame conjonctive et en vaisseaux sanguins. Elles évoluent comme le mésoblaste primitif lorsqu'il produit le mésenchyme embryonnaire, qui n'a rien à voir avec un paraépithélium.

II. *Évolution des bourgeons épithéliaux et histogénèse.* — Pour suivre les transformations que subissent les bourgeons épithéliaux, j'ai dû employer une technique plus perfectionnée. Au lieu de pièces conservées dans l'alcool ou le liquide de Müller, j'ai étudié un matériel, fixé frais dans le sublimé ou le liquide Zenker. De cette façon, j'a pu constater les divisions des cellules épithéliales et le développement, à leurs dépens, d'un tissu conjonctif jeune (protoplasma commun à nombreux noyaux). Ensuite, ce tissu conjonctif jeune se transforme, d'une part, en éléments lymphoïdes et, de l'autre, en trame réticulée [4].

L'évolution morphologique et l'histogénèse de l'amygdale du chien [5] sont de tous points identiques à celle du veau, du cheval et du porc.

Les follicules clos des amygdales et des plaques de Peyer restent,

1. *Soc. de Biologie*, 26 décembre 1891 et 9 janvier 1892.
2. *Id.*, 26 mars 1892.
3. Voir le *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1893, p. 137 et 324.
4. *Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft*, Bâle 1895 et Gand 1897; *C. R. de la Soc. de Biologie*, 1897, p. 289, et *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1897, p. 462.
5. *Soc. de Biol.*, 1900, p. 513, et XIIIe *Congrès international de médecine*, Section d'Histologie et d'Embryologie, Paris, 1900.

même chez l'adulte, constitués *normalement*, dans leur portion centrale, par un cytoplasma et non point par des éléments libres. Pour prouver le fait, j'ai fait les essais suivants : j'ai comparé les coupes d'amygdales fraîches[1] et bien fixées, à des coupes d'amygdales traitées par l'alcool au tiers, le liquide de Müller, etc., ou à des amygdales fixées vingt-quatre heures après la mort. Ces liquides qui sont des altérants ou la macération ont pour effet de produire la fonte d'une portion du cytoplasma plein et d'y *créer artificiellement* des éléments libres.

Donc, en ce qui concerne l'origine et la structure des amygdales et des follicules clos de la muqueuse digestive, je dirai : *ce sont des formations d'abord épithéliales qui, ultérieurement, se transforment en trame réticulée* et en *éléments libres* (leucocytes et hématies).

Afin de vérifier ces résultats, j'ai étudié la *muqueuse-glando-préputiale* du chien qui est hérissée chez l'adulte de nombreux follicules clos[2].

Sur cette muqueuse, les *follicules clos* se développent d'après un processus identique à celui qui donne naissance à l'amygdale ou aux plaques de Peyer. Les cellules malpighiennes fournissent, par divisions successives, des générations de petites cellules à cytoplasma commun. Ce cytoplasma évolue ensuite en tissu conjonctif primordial, c'est-à-dire que certaines portions se transforment en tissu conjonctif d'abord réticulé, plus tard fibrillaire, tandis que le reste subit la transformation muqueuse ou hémoglobique.

Au cours de mes recherches sur la muqueuse du gland et du prépuce du chien qui manque de tout organe glandullaire, j'ai été frappé par la façon dont le derme, lisse d'abord, se transforme ensuite en derme papillaire. D'après les classiques, les papilles seraient des saillies ou élevures dues à la végétation des couches superficielles du derme. L'évolution du derme se ferait de la profondeur vers la superficie, comme celle de l'épiderme. L'observation m'a prouvé le contraire[3] : quand une papille va se former, le derme ne montre aucun phénomène de division cellulaire dans ses portions superficielles. En ce point, on voit, par contre, les cellules basilaires de l'épithélium se diviser par mitose et produire un amas de tissu conjonctif jeune, qui ultérieurement se transforme en tissu conjonctif réticulé, puis fibreux et élastique. Des phénomènes identiques s'observent dans l'intervalle des papilles. En un mot, l'évolution des membranes tégumentaires ne consiste pas uniquement dans la formation d'éléments épithéliaux qui, après avoir pris naissance dans la profondeur, s'élèvent vers la surface et tombent dans le monde extérieur. Outre les cellules superficielles qui subissent l'évolution cornée ou muqueuse et qui se desquament, nombre de cellules épithéliales

1. *Soc. de Biologie*, 1900, p. 347, 486 et 489.

2. *C. R. Soc. Biol.*, 1898, p. 897, 899 et 1087, et *C. R. Association des anatomistes*, 1re session, 1899, p. 1.

3. *C. R. Soc. de Biol.*, 1898, p. 1147. *C. R. de l'Association des Anatomistes*, 1re session, 1899, p. 1, et *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1904, p. 337, et *C. R. de la Soc. de Biologie*, 10 mars 1906, p. 485.

profondes se transforment en éléments conjonctifs. Chez l'adulte, l'évolution des feuillets épithéliaux continue à se faire comme pendant la période embryonnaire, lorsque l'ectoderme ou l'endoderme fournissent les germes du mésoderme et du tissu conjonctif en général. La couche profonde épithéliale est l'origine non seulement des couches superficielles de l'épiderme et des épithéliums en général, mais encore des couches superficielles du derme et des chorions.

III. *Histogénèse expérimentale.* — Ces résultats me parurent tellement en contradiction avec l'enseignement classique que je songeai à contrôler mes observations par l'expérimentation. Je divisai[1] (sur la peau de la plante du pied du cobaye), avec le couteau de Graefe, la partie profonde du derme et je la séparai d'avec la partie superficielle. Le tissu conjonctif, dilacéré et infiltré, devient le siège de processus dégénératifs (désagrégation, liquéfaction et résorption des faisceaux conjonctifs et transformation des restes cellulaires en leucocytes). Le lambeau décollé ne montre pas de cellules en voie de division dans ses parties conjonctives. Dans l'épithélium, au contraire, on observe une exagération de la nutrition et de la prolifération cellulaires, qui se traduit par l'hypertrophie et l'hyperplasie. Au fur et à mesure qu'on répète les décollements, la réaction de l'épithélium dépasse le but d'une simple réparation. Ses cellules épithéliales deviennent si nombreuses qu'elles forment des bourgeons ou des invaginations qui s'avancent dans le derme en voie de résorption; de plus, elles se modifient dans leur forme, leur structure et leur évolution.

Les transformations évolutives des bourgeons cellulaires varient avec l'état général de l'animal[2]. Si l'on répète les *décollements* de trois jours en trois jours, les cellules épithéliales d'une membrane muqueuse (à évolution *muqueuse*) se transforment en éléments pavimenteux, puis cornés (*métaplasie* ou *métatypie* des auteurs).

Lorsque les décollements sont nombreux et répétés de jour en jour ou de deux jours en deux jours, l'épithélium de la muqueuse s'épaissit et se dispose en couches pavimenteuses avec quelques assises cornées. Le derme est traversé par des invaginations épithéliales, et, au lieu d'être fibreux, il devient réticulé et très vasculaire.

Si l'on répète les décollements à courts intervalles et qu'on affaiblisse l'état général de l'animal (saignée et alimentation insuffisante), les invaginations épithéliales n'évoluent plus en tissu conjonctif; elles constituent, au bout de huit à vingt jours de survie, des amas cellulaires analogues à des follicules clos[3].

Les phénomènes évolutifs qui se produisent dans l'épithélium de ces invaginations expérimentales sont tout autres sur les animaux qui sont

1. *C. R. de l'Académie des Sciences*, t. CXXXI, p. 511 et 697, 1903, et *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1903, p. 663.
2. *C. R. de l'Association des Anatomistes*, VIe session, Toulouse, 1904.
3. *C. R. de la Soc. de Biologie*, 21 nov. 1903, p. 1416.

bien nourris et qui survivent dix, dix-huit ou trente jours au dernier décollement. Dans ces conditions, les bourgeons épithéliaux se transforment en *cordons fibreux*.

En résumé, les cellules épithéliales continuent, chez l'adulte, à fournir constamment des éléments conjonctifs d'après un processus identique, quoique moins actif, à celui qui préside chez l'embryon au développement de l'ébauche conjonctive (*mésenchyme*). Les cellules épithéliales des couches profondes représentent la couche formative et de l'épithélium superficiel et des couches superficielles du derme.

Ces résultats sont en opposition avec l'enseignement classique, qui, on le sait, dit : 1° les globules blancs sont toujours d'origine mésodermique; 2° la trame des follicules clos est de provenance conjonctive; 3° le derme amène à l'épithélium des matériaux nutritifs et des globules blancs; mais jamais une cellule épithéliale ne se transforme en élément conjonctif.

Il va de soi que mes propositions n'ont pas manqué de susciter des discussions et des controverses nombreuses. C'est le sort de tout fait nouveau. On a cru et il en est qui croient encore si fermement à l'origine exclusivement mésodermique des leucocytes et à la provenance conjonctive de la trame des follicules clos qu'il fallait s'attendre à pareilles contestations. Si j'ai défendu mes premiers résultats, si j'ai pu, par de nouvelles observations, en élargir la base et l'établir sur un fondement de plus en plus solide, je n'ai jamais répondu aux attaques ou plutôt aux insinuations malveillantes de ceux qui, à force à paraphraser les théories à la mode, épuisent le peu de faculté productive qu'ils possèdent. Ils se croient gens très habiles et faire preuve d'hommes scientifiques; mais ils paraissent plutôt plaisants, quand ils prennent un air magistral pour tracer, par un effort d'imagination, le cours fictif des phénomènes naturels. Le procédé qu'ils emploient est par trop simpliste, mais il est commode : il n'exige ni réflexion ni travaux antérieurs et réussit toujours, comme en mythologie, à amuser et à enjôler la galerie. Mais comment faire concorder ces productions imaginaires avec les résultats des observateurs? Ce problème, qui serait embarrassant pour un savant sincère, ne l'est guère pour nos vulgarisateurs, car ils ne craignent pas d'en user avec la littérature, comme ils ont fait de la réalité. En voici un exemple : Ils citent M. Klaatsch comme un partisan de la provenance mésodermique des follicules clos. Or, M. Klaatsch est le seul histologiste qui ait confirmé, en 1892, sur l'*Échidné*, le fait capital que je soutenais depuis longtemps, c'est-à-dire la *structure épithéliale* de la portion centrale des plaques de Peyer. M. Klaatsch a montré, de plus, que les cellules épithéliales pouvaient, sur les Poissons, se transformer en *scléroblastes*, c'est-à-dire en cellules qui vont pénétrer profondément dans le derme pour donner naissance aux tissus osseux des écailles et des dents cutanées. Je me hâte d'ajouter que ces notes discordantes n'ont guère porté bonheur à M. Klaatsch. Il m'en a fait la confidence au Congrès de Liège en 1903. Ses assertions

lui ont attiré de telles animosités qu'il a dû abandonner l'histologie pour ne plus s'occuper que d'anthropologie. Si la mauvaise foi m'a parfois ému, elle a été aussi impuissante que le silence des uns ou les désaveux des autres, pour me détourner de ma voie; j'ai continué mes investigations, répétant et variant les observations et l'expérimentation, persuadé que les faits bien constatés finiront par se faire jour et par triompher des controverses sincères, passionnées ou intéressées.

Après vingt années de recherches et de lutte, j'entrevois que mes efforts n'ont pas été vains; outre les observations de Klaatsch, j'ai la satisfaction de pouvoir citer à l'appui de ma théorie les travaux suivants.

IV. *Travaux confirmatifs.* — En 1885, je n'avais vu que l'origine épithéliale des follicules de la bourse de Fabricius, sans pouvoir suivre le sort final de tous les éléments épithéliaux.

S. v. Schumacher (*Ce Journal*, 1904, p. 528) a confirmé, pour la bourse de Fabricius, les faits d'histogénèse que j'avais décrits, dès 1897, dans les follicules clos de Mammifères. La trame réticulée de la bourse de Fabricius, ainsi que les lymphocytes de la portion centrale sont, d'après Schumacher, des descendants des cellules épithéliales.

Incité par mes travaux, F. Krauss [1], le premier, a cherché à savoir quelles sont les relations génétiques du derme et de l'épiderme chez les lézards et les crocodiles (embryons et adultes).

Sur les embryons de *Hatteria* longs de 3 centimètres, le derme ne participe pas aux divisions cellulaires. Sur les embryons plus âgés (Lézard long de 1 cm. 5), les cellules basilaires de l'épiderme se divisent et, à ce niveau, la membrane basilaire disparaît, et, il se forme une couche de protoplasma commun à nombreux noyaux. Cette couche protoplasmique se place entre l'épiderme et le derme et se continue, sans limite aucune, avec la couche superficielle du derme. A mesure que cette couche évolue, les noyaux, d'abord arrondis, deviennent fusiformes, et, sur ces entrefaites, des fibrilles conjonctives apparaissent dans le protoplasma commun, qui montre peu à peu une trame réticulée. Au début, les fibrilles conjonctives se colorent peu, à la fuchsine acide par exemple, tandis qu'en s'accroissant davantage, elles sont très avides de ce colorant. Chez l'adulte, on observe, sous les écailles ou dans leur intervalle, des traînées protoplasmiques qui relient le tissu conjonctif aux cellules profondes de l'épiderme. Les couches superficielles du derme sont constituées par des cellules jeunes dont les prolongements protoplasmiques sont continus avec le tissu franchement conjonctif. Par places, l'extrémité profonde des cellules épidermiques repose sur une membrane collagène à limites nettes; cette bordure ou membrane collagène est tantôt sans structure (membrane basilaire), tantôt formée de fines fibrilles qui se colorent faiblement ou d'une façon diffuse. Souvent ces fibrilles collagènes s'étendent jusque dans l'intérieur ou dans l'inter-

1. Der Zusammenhang zwischen Epidermis und Cutis bei Saurier und Krokodilen, *Archiv f. mik. Anatomie*, t. 67, p. 319, 1906.

valle des cellules épidermiques (assise profonde), sous la forme de fines denticulations.

Voici les conclusions principales de Krauss : 1° chez les *embryons* de reptiles, il existe un stade où le développement du derme se fait aux dépens des cellules épithéliales de l'épiderme; 2° dans la peau des reptiles *adultes*, on observe, dans le tissu conjonctif des écailles, des images qui rappellent le stade embryonnaire. On voit des îlots de cellules protoplasmiques entre l'épiderme et le derme; on constate l'union intime des cellules épidermiques profondes avec les traînées collagènes en voie de transformation conjonctive. Le derme est uni aux cellules épidermiques par des denticulations conjonctives et même élastiques.

Conclusions générales. — Le tissu épithélial du germe produit déjà des cellules conjonctives (mésenchyme); l'épithélium est l'élément initial (1er stade) et au 2e stade, il devient conjonctif. Loin de s'atténuer ou de s'arrêter, ce processus s'étend et se continue dans tout le revêtement épithélial des téguments et des muqueuses. Il se forme, ainsi, toute la vie, des générations épithéliales qui gagnent la profondeur et se transforment incessamment en amas de tissu réticulé et vasculaire (follicules clos) ou en lames conjonctives dermiques. L'épithélium fournit aussi bien les éléments superficiels qui se desquament que les cellules qui servent à accroître et à renouveler les éléments du derme.

Les phénomènes d'évolution et d'histogénèse sont les mêmes chez l'adulte et chez l'embryon, ils se continuent durant toute la vie. L'ensemble des téguments et des muqueuses en est le siège, de sorte que, chez l'adulte, leur étendue devient plus considérable et leur importance plus grande que pendant la vie embryonnaire et fœtale.

Malgré les variations secondaires, telles que les productions cornées ou osseuses, le plan général de structure et d'évolution est le même dans toutes les classes de Vertébrés. Dans les unes et les autres, l'épithélium fournit, du côté *superficiel*, des éléments muqueux ou cornés, et du côté *profond*, des cellules qui se transforment en tissu conjonctif dense (derme) ou en tissu réticulé (lymphoïde). En des régions déterminées, l'épithélium donne naissance à des amas épithéliaux plus gros, qui évoluent ensuite en tissu réticulé (bourse de Fabricius, amygdales, plaques de Peyer, follicules clos en général). Bien que les Vertébrés vivent dans des milieux et des conditions variables, leurs cellules épithéliales évoluent et se différencient partout de la même façon pour produire des tissus et des organes homologues.

ÉD. RETTERER.

Le propriétaire-gérant : FÉLIX ALCAN.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES GRANULATIONS CHROMATIQUES OU NUCLÉOIDES

Par N. LŒWENTHAL
Professeur d'histologie à l'Université de Lausanne.

(Planche VII)

Remarques introductoires.

L'étude des granulations protoplasmiques a subi un essor particulier par suite de l'introduction dans la technique histologique des matières colorantes à l'aniline. A part les granulations connues depuis une époque plus ancienne, — les granulations pigmentaires, graisseuses, dites protéiques, de glycogène, le groupe assez disparate de granulations dites vitellines, les granulations de substance mucipare et colloïde, les granulations d'éléidine, — d'autres espèces de granulations ont été mises au jour dans les cellules épithéliales (et glandulaires en particulier), les cellules nerveuses, certaines cellules du sang et de la lymphe ou encore faisant partie des tissus à substance fondamentale conjonctive. Les granulations éosinophiles (d'Ehrlich); les granulations fixant le dahlia; les granulations fuchsinophiles (d'Altmann), — groupe bien moins défini, vu qu'il comprend des granulations démontrables dans des espèces cellulaires très différentes; — certaines granulations propres des cellules nerveuses (granul. de Nissl); un groupe de granulations auxquelles on pourrait réserver le nom de « chromatiques » ou « nucléoïdes », vu qu'elles fixent les colorants nucléaires; — autant d'exemples tirés des constatations acquises par l'emploi des méthodes nouvelles de fixation et de coloration.

Il est à présumer qu'aux propriétés micro-chimiques différentes des granulations qui viennent d'être énumérées doivent correspondre aussi des différences d'évolution (formation, développement

et sort final) et de fonction. Mais à ce point de vue il est tout indiqué pour le moment de garder une prudente réserve, vu que ce côté de la question est loin d'être étudié d'une manière complète.

Il est désirable cependant de grouper les granulations variées qu'on connaît aux cellules, dans le but d'éviter des confusions ou des dénominations multiples et ne se rapportant qu'à la même chose.

On ne saurait méconnaître que les granulations fuchsinophiles décrites par Altmann et Zoja doivent appartenir à des catégories différentes. En effet, comment placer au même rang les granulations signalées par Altmann dans les glandes, — granulations qu'il envisage lui-même comme prenant part à la sécrétion (glande de Harder, glandes à sécrétion sébacée, glandes salivaires, glandes du croupion); les granulations constatables par la même méthode dans les fibres musculaires, les cellules nerveuses, ou encore dans les spermatozoïdes et ovules (Zoja); enfin les granulations pigmentaires? Est-il justifié d'envisager toutes ces granulations comme des « bioblastes », comme des unités morphologiques du protoplasme douées de vitalité propre? En cherchant à décomposer le protoplasma en granules élémentaires vivants, Altmann ne paraît pas faire de distinction entre le protoplasma formatif et fonctionnel (idioplasma de Nægeli) et les produits élaborés ou transformés ou emmagasinés dans son intérieur. Ces produits peuvent se présenter aussi sous forme de granulations qui, tout en pouvant subir des transformations en rapport avec les fonctions sécrétoires ou nourricières de la cellule, ne constituent cependant plus l'idioplasma primitif. Les granulations sécrétoires des glandes, les gouttelettes graisseuses des cellules adipeuses ont leur cycle évolutif propre, mais une fois formées elles ne peuvent plus être confondues avec le protoplasma formatif ou fonctionnel qui les englobe. On peut objecter, il est vrai, que les granulations sécrétoires, par exemple, pourraient résulter d'une transformation propre des granulations-bioblastes, comme l'admettait apparemment Altmann; de sorte que le fait qu'au stade final il s'agit de granulations ayant perdu les propriétés vitales du protoplasme ne renverse pas encore l'idée que ces granulations représentaient au début des particules actives du protoplasme. Ce même raisonnement s'applique aussi aux cellules entières, par rapport auxquelles il est beaucoup

plus facile d'établir le cycle évolutif. On connaît, en effet, des glandes dont les cellules subissent une transformation régressive, se desquament et contribuent de cette manière à la formation de la matière sécrétée. Lors même que les débris des cellules dégénérées et transformées qu'on trouve dans le contenu du canal excréteur ne correspondent plus à des cellules douées de vitalité, il s'agit néanmoins de résidus de telles cellules. Il pourrait se passer quelque chose d'analogue avec les granulations sécrétoires qui, éléments morts au stade final, pourraient résulter d'une série de transformations des particules vivantes du protoplasma. L'interprétation d'Altmann du processus sécrétoire mérite donc d'être prise en sérieuse considération, bien qu'on puisse formuler des objections à sa manière de considérer le protoplasme comme une colonie de granulations-bioblastes.

Il reste aussi néanmoins vrai qu'il y a lieu de distinguer entre les granulations du protoplasme encore doué de sa vitalité propre, et les granulations qui ne rentrent pas dans cette catégorie. On pourrait désigner les premières sous le nom de granulations *histogènes*, c'est-à-dire prenant part à la formation de la texture morphologique du protoplasme (comme aussi du noyau); les secondes, sous le nom de granulations *deutoplasmiques* ou granulations-inclusions. Cette seconde catégorie comprend des granulations ou produits d'origine et de fonction différentes. Elles peuvent se former à l'intérieur du protoplasme; provenir du milieu ambiant et se former soit aux dépens des matières assimilées ou incorporées, soit encore aux dépens d'autres cellules pénétrées par l'immigration ou ayant été incorporées; elles peuvent aussi se former aux dépens des parties éliminées du noyau.

A part les différences d'*origine* des granulations deutoplasmiques, il y a ensuite à tenir compte de leur destinée ultérieure.

Il y a des granulations (ou produits) destinées à être résorbées et représentant des dépôts des matières nutritives; telles sont, par exemple, les granulations du vitellus nutritif.

Il y a d'autres granulations destinées à être éliminées à l'état solide ou liquéfié ; c'est le cas des granulations sécrétoires.

D'autres granulations, pouvant être d'origine extrinsèque, c'est-à-dire dérivant d'autres cellules par rapport à la catégorie cellulaire donnée, s'accumulent dans la cellule pour y former un *dépôt durable* et ne servant *pas* aux échanges nutritifs. C'est le cas des granula-

tions pigmentaires et, en particulier, des pigmentations se formant aux dépens des globules rouges du sang en voie de destruction, comme on l'observe dans la rate et les ganglions lymphatiques ou au voisinage des foyers hémorragiques. Les granulations pigmentaires résiduelles de cette catégorie peuvent servir d'exemple de granulations solides, mais qu'on ne saurait envisager comme des granulations histogènes.

Il ne peut être question d'envisager à cette place de plus près les différentes espèces de pigments aux points de vue de leurs propriétés, de leur origine et de leur rôle; mais il nous a fallu un exemple de granulations morphologiques infiltrant le protoplasme et s'y formant *casuellement*.

Y a-t-il une raison suffisante pour envisager comme des granulations histogènes, cette espèce de granulations pigmentaires alors qu'elles existent ou font défaut selon les cas? Et, de plus, la présence de cette catégorie de granulations pigmentaires n'est nullement liée au fonctionnement des cellules infiltrées de ces granulations.

Il y a, en revanche, d'autres granulations pigmentaires dont la présence est intimement liée au fonctionnement des cellules; par exemple, les granulations pigmentaires infiltrant l'épithélium pigmentaire des chromatophores. Faut-il envisager ces granulations comme histogènes ou deutoplasmiques? Pour Altmann, ces dernières granulations pigmentaires représentent non pas des granules inertes et mis en mouvement par le protoplasme incolore qui les englobe, mais des bioblastes, des granulations actives, vivantes et contractiles. Il fait également une distinction essentielle entre les pigments dérivant de la matière colorante du sang et les pigments qui n'ont pas cette origine.

Mais il est permis de se demander si les granulations pigmentaires qui peuvent se déposer ou se former dans les cellules nerveuses, par exemple, de l'axe cérébro-spinal, des ganglions cérébro-spinaux et sympathiques peuvent être envisagées au même titre que les granulations ou fibrilles constatables dans le protoplasme non pigmenté de ces cellules. Les granulations pigmentaires forment généralement dans ces cellules un îlot assez bien circonscrit; elles peuvent apparaître seulement dans la vieillesse de la cellule et ne pas exister dans la cellule jeune; ces granulations ne constituent donc pas un élément histogène et intégrant du proto-

plasme de la cellule nerveuse, de sorte qu'il convient plutôt de les ranger parmi les granulations deutoplasmiques. La même conclusion s'applique aussi aux granulations pigmentaires infiltrant ou pouvant infiltrer les cellules épidermiques et les produits cornés ou certains épithéliums de revêtement des membranes muqueuses (p. ex., l'épithélium de la conjonctive palpébrale des mammifères). La répartition des granulations pigmentaires dans les cellules est variable selon les régions du revêtement et les cellules.

Une autre catégorie de granulations protoplasmiques est représentée par les granulations qu'on pourrait appeler *chromatiques* et *nucléoïdes*; c'est de cette catégorie de granulations qu'il sera question en particulier dans ce travail. Ces granulations ne sont pas à confondre avec les granulations dites chromophiles. Cette dernière dénomination est devenue du reste tout à fait vague vu qu'on l'applique à des granulations très différentes d'après leur origine, constitution et fonction, en se basant seulement sur le fait qu'on peut les mettre en évidence par des procédés de coloration aux couleurs d'aniline, mais sans distinguer entre les colorants nucléaires et plasmatiques. Ainsi les granulations qui infiltrent certaines variétés de globules lymphatiques, les granulations constatables dans des cellules épithéliales glandulaires, dans les cellules nerveuses, sont désignées communément sous le nom de « chromophiles », sans faire de distinction entre les granulations qui fixent les matières colorantes nucléaires et d'autres granulations chromophiles qui n'ont pas cette propriété. Nous employerons donc la dénomination de granulations chromatiques pour spécifier les granulations qui fixent les matières colorantes servant à faire ressortir les parties chromatiques nucléaires (filaments ou anses nucléaires chromatiques, nucléoles chromatiques, granulations nucléaires chromatiques). Cette catégorie de granulations est jusqu'à présent la moins bien connue.

Les quelques considérations générales qui précèdent étaient nécessaires d'abord pour préciser la catégorie de granulations dont il sera question dans ce travail, et puis parce que nous aurons à les envisager dans la suite aux points de vue qui viennent d'être développés, c'est-à-dire s'il s'agit de granulations histogènes ou deutoplasmiques, de granulations d'origine extrinsèque ou autochtone ou dérivant du noyau, s'il s'agit de granulations liées à l'état normal ou à l'état régressif de la cellule.

Observations personnelles.

Méthodes de recherche.

Les granulations chromatiques ou nucléoïdes se distinguent, comme il vient d'être mentionné, par le fait qu'elles fixent les matières colorantes nucléaires; mais elles peuvent aussi être mises en évidence par des colorants mixtes, c'est-à-dire qui ne se fixent pas uniquement sur les parties chromatiques nucléaires, mais qui colorent ou peuvent colorer en même temps, selon la manière dont ils sont appliqués, d'autres parties demeurant incolores dans le cas de coloration nucléaire pure. Il est évident que la distinction des granulations chromatiques devient beaucoup moins certaine dans les coupes traitées par un colorant mixte; le choix de la méthode devient donc dans ce cas particulièrement essentiel. C'est pour cette raison que la coloration à l'hématoxyline ferrique d'après Heidenhain donne des résultats variables. On colore par cette méthode des granulations de nature très différente, à part les parties nucléaires proprement dites, encore des granulations sécrétoires (par exemple dans la glande sous-maxillaire); des granulations dans la portion glandulaire du corps hypophysaire; les centrosomes; des granulations vitellines; le résultat varie selon la durée du lavage dans l'alun de fer.

La méthode de coloration d'Altmann à la fuchsine acide, suivie ou non de traitement subséquent par l'acide picrique, est naturellement encore moins indiquée que la méthode précédente, vu qu'il s'agit d'un colorant qui se fixe sur des granulations sécrétoires, des parties plasmatiques et sur les fibres conjonctives.

Mes recherches précédentes relatives à ce sujet (1° et 2°, 1888-89) portaient sur l'ovaire de mammifères (chat, chien, lapin), l'organe ayant été fixé par le mélange de Flemming; les coupes pratiquées à la suite de l'inclusion dans la paraffine ont été colorées à la safranine et traitées ensuite par l'alcool *acidulé* à l'acide chlorhydrique. On sait que cette méthode de coloration ne donne pas de résultats invariables, vu que le degré de l'extraction de la couleur dépend de la durée du lavage dans l'alcool acidulé. Mais lors même qu'on prolonge le lavage de manière à obtenir de pures colorations nucléaires, certaines granulations dans le corps cellulaire résistent

à la décoloration; il est donc permis de conclure qu'il s'agit de granulations qui réagissent comme des parties nucléaires chromatiques. Les résultats fournis par cette méthode sont certainement beaucoup plus sûrs que dans le cas de coloration à l'hématoxyline ferrique, vu que les granulations sécrétoires (par exemple dans les glandes salivaires, dans la portion glandulaire de l'hypophyse) demeurent incolores dans le premier cas.

J'ai refait depuis lors d'autres préparations d'ovaire de mammifères et j'ai étendu mes observations aux cellules interstitielles de l'ovaire; aux testicules de la grenouille et de la salamandre tachetée; aux ganglions cérébro-spinaux; aux glandes salivaires et à la moelle des os des mammifères. A part la méthode de fixation et de coloration qui vient d'être indiquée, j'ai encore mis en usage, pour les organes qui seront précisés dans la suite, la fixation au mélange de Zenker et la coloration double à l'hématoxyline (ou à l'hémalun de P. Mayer) et à l'éosine. Les coupes ont été faites à la suite de l'inclusion à la paraffine, sauf pour les ganglions cérébro-spinaux. Pour ce qui concerne ces derniers, ils ont été fixés partie par le mélange chromo-osmio-acétique, partie par le liquide d'Erlicki : dans le premier cas, la coloration a été effectuée à la safranine; dans le second cas, au picrocarmin ou à l'hématoxyline.

Granulations chromatiques dans l'ovaire.

Mes observations relatives aux granulations chromatiques dans les jeunes ovules faisant partie des cordons ovulaires ayant déjà été publiées (1° et 2°) [1], je me bornerai à cette place à relater quelques nouvelles observations ayant trait à l'ovaire de la chatte (fig. 1 à 6). Dans ce cas, les coupes ont été colorées doublement à la safranine et au violet de gentiane. Les cellules ovulaires représentées dans ces figures proviennent de la couche des follicules primordiaux d'une jeune chatte. Ces follicules sont groupés, comme on sait, en petits îlots ou nids séparés de l'épithélium germinatif par une mince couche de substance corticale. L'épithélium folliculaire se compose d'une couche de cellules tout à fait aplaties, si ce n'est par places où les cellules deviennent plus épaisses et cubiques.

1. J'ai eu l'heureuse occasion de faire la démonstration de quelques préparations qui se rapportent à ce sujet au Congrès des naturalistes allemands à Karlsbad, en 1902. V. les *C. R.* pour l'année 1903, p. 595.

Dans le corps cellulaire de ces ovules, on peut reconnaître de fines granulations colorées, tantôt simples, tantôt groupées par deux en forme de diplosome; elles sont ordinairement entourées d'une aréole plus claire que le protoplasme environnant. Leur situation comme aussi leur nombre sont variables. On les rencontre soit dans les couches périphériques, soit dans la couche moyenne de la cellule, soit dans la zone périnucléaire ou au voisinage immédiat du contour du noyau. Ces dernières granulations sont particulièrement intéressantes, car leur situation démontre qu'elles doivent être en rapport quelconque avec le noyau. Tantôt lesdites granulations ne sont séparées du contour de la vésicule germinative que par un espace à peine appréciable; tantôt elles touchent d'une manière immédiate au contour nucléaire; parfois ce contour est comme parsemé de très fines granulations, et on constate des granulations analogues à l'intérieur du contour du noyau. L'examen avec des objectifs à immersion est nécessaire pour reconnaître la situation précise de ces granulations par rapport au contour nucléaire, auquel je n'ai pu reconnaître de solution de continuité. A part les très fines granulations colorées, des granulations un peu plus épaisses peuvent se trouver en conctact avec le contour nucléaire; ces granulations peuvent être aussi géminées. Elles ne sont pas toujours arrondies, mais peuvent être un peu étirées ou en forme de virgule comme c'est représenté dans les figures 2 et 3. Aux granulations plus volumineuses situées au voisinage du noyau, peut correspondre une légère dépression au contour nucléaire (fig. 2 et 4); cela s'observe assez fréquemment. Il importe encore à faire ressortir le fait qu'on rencontre des granulations, en forme d'hémisphère ou de calotte, accolées par la face aplatie au contour nucléaire; on en voit un exemple dans la figure 2 à droite, avec cette complication qu'il s'agit dans ce cas d'une granulation géminée; la granulation externe est arrondie, l'autre, plus large, est aplatie contre le contour nucléaire. Ce détail ne manque pas d'intérêt, car il fournit des indications permettant de trancher la question de savoir s'il s'agit de granulations éliminées du noyau ou, en revanche, se propageant du côté du noyau. En effet, il est difficilement admissible qu'une granulation expulsée du noyau puisse avoir la forme de calotte ou d'hémisphère reposant par une facette aplatie sur le contour nucléaire et situé totalement en dehors du noyau, alors que cette configuration s'explique tout naturelle-

ment en admettant la propagation de dehors en dedans. Le fait déjà mentionné qu'on constate assez souvent une légère dépression au contour nucléaire en correspondance avec les granules situés immédiatement en dehors, parle dans le même sens. Ce n'est que beaucoup plus rarement qu'on rencontre une granulation accolée au contour nucléaire qui proémine à cet endroit en forme de cône. Tous ces granules sont si petits qu'on ne saurait en indiquer les diamètres avec quelque précision.

Dans les ovules dont il vient d'être question, le noyau ne présente rien de bien particulier à noter; il est de forme régulière et renferme une tache germinative unique à laquelle on peut reconnaître certaines différences de coloration, c'est-à-dire des parties colorées plus vivement et d'autres plus pâles. Les filaments du réticule nucléaire ont, selon toute apparence, l'agencement normal et ne sont pas rétractés; ils sont grêles et laissent voir une structure granulée, par places particulièrement distincte. On ne saurait donc en aucune façon envisager les ovules représentés dans les figures 1 à 5 comme étant en voie de régression.

Il est encore à remarquer que certaines parmi les granulations chromatiques mentionnées ressemblent beaucoup aux centrosomes figurés par beaucoup d'auteurs dans d'autres espèces cellulaires (cellules interstitielles de l'ovaire, cellules épithéliales, cellules musculaires lisses et d'autres). C'est le cas, par exemple, des granulations géminées en forme de diplosome, entourées d'une aréole claire, dont on voit des exemples dans les figures 3, 4 et 5. Nous discuterons cette question plus loin, après avoir décrit les granulations chromatiques dans d'autres espèces cellulaires. Lorsque les granulations géminées entourées d'aréole claire sont situées dans la couche endoplasmique, la délimitation de ladite aréole peut n'être pas bien tracée, vu que la couche périnucléaire a un aspect plus hyalin étant moins chargée de granulations vitellines; pour ce qui concerne les granulations géminées situées plus loin du noyau, dans les couches protoplasmiques chargées de granulations vitellines plus abondantes, la démarcation de l'aréole périgranulaire hyaline est mieux accusée.

On constate d'autre part dans la même couche des follicules primordiaux, des ovules qui, incontestablement, montrent des signes de régression commençante, et qui peuvent également être infiltrés de nombreuses granulations safranophiles. Le nombre de

ces granulations peut être même plus considérable dans ces ovules que dans les ovules à l'aspect normal; de même, les dimensions des granulations dans les ovules altérés peuvent dépasser visiblement les dimensions des granules dans les ovules normaux. Les signes d'altération portent à la fois sur le corps cellulaire et sur le noyau. Le vitellus a un aspect plus sombre et plus granuleux qu'à l'état normal; par places, il s'est retiré de l'épithélium folliculaire. Au noyau, on constate soit la rétraction partielle, soit l'altération de la charpente filamenteuse. Ayant déjà signalé le fait dans une publication précédente (2°, 1889), et en particulier par rapport à l'ovaire de la lapine, je ne veux pas m'arrêter plus longuement à cette place à ces observations.

Schottländer (1893) a également constaté des granulations chromatiques dans les ovules en voie de régression.

Des granulations nucléoïdes peuvent aussi se rencontrer dans les jeunes cellules ovulaires en voie de division *caryocinétique* et situées dans les cordons ovulaires (fig. 6). Il s'agit de granulations particulièrement fines dont on ne saurait mesurer les diamètres; il faut avoir recours aux objectifs à immersion pour les reconnaître avec certitude. On peut les constater dans les différents stades de la caryocinèse; la figure se rapporte en particulier au stade du dyaster. Il ne peut pas être question d'une anse chromatique ou d'un chromosome *aberrant*, comme cela arrive au début de la division caryocinétique, car au stade du dyaster les anses chromatiques sont non seulement entièrement constituées, mais déjà réparties sur deux centres; de plus, on ne saurait en aucune façon confondre les très fines granulations chromatiques qui viennent d'être mentionnées avec les anses chromatiques visiblement plus massives et ramassées du dyaster. La distribution de ces granulations ne semble présenter aucun ordre fixe; elles peuvent être situées tout près de l'îlot d'anses chromatiques dans la couche plus claire qui les entoure ou à une certaine distance en dehors. On rencontre des granulations chromatiques dispersées aussi à un stade encore plus avancé de la division, alors que le plan de segmentation est déjà nettement dessiné dans le corps cellulaire.

Il n'y a aucun rapport direct entre lesdites granulations chromatiques et la division caryocinétique. Il vient déjà d'être dit que ces granulations ne prennent pas part à la constitution des anses chromatiques; mais on pourrait peut-être penser qu'il s'agit des

granulations éliminées ou non utilisées pendant la formation des anses chromatiques dans les premiers stades de la caryocinèse. Le fait qu'on rencontre des granulations chromatiques à des stades différents de développement, et notamment dans les stades où l'on n'observe plus de division caryocinétique, prouve que la présence de ces granulations dans les ovules constitue un fait indépendant de la caryocinèse.

Granulations chromatiques dans le testicule des amphibiens.

Le testicule de la grenouille et de la salamandre se prête non moins bien à la démonstration de ce genre de granulations.

Grenouille. — Les loges séminifères de cette espèce animale renferment, comme on sait, à part les spermatocystes, encore d'autres cellules enclavées entre les amas cellulaires formant les spermatocystes. Ces cellules touchent aux travées séparant les loges séminifères, et leurs limites sont marquées par des noyaux aplatis. On les rencontre tantôt isolées, tantôt se suivant en série le long d'une travée; des noyaux aplatis marquent les limites cellulaires. Ces cellules, plus grandes en moyenne que les cellules des spermatocystes, correspondent aux spermatogonies de la Valette Saint-George (fig. 7-10). Dans les testicules recueillis au mois de janvier, on constate de nombreux amas cellulaires (spermatocystes) dont les cellules sont en vive division caryocinétique, et dans lesquels amas on peut suivre la formation des spermatozoïdes. Les cellules-spermatogonies, plus grandes, sont relativement rares, isolées ou ne formant qu'une lignée de quelques cellules. Leurs dimensions ne sont pas les mêmes; on trouve des cellules plus petites jusqu'à 17 μ de diamètre, et d'autres plus grandes de 20 à 30 μ; ces mensurations se rapportant à des pièces fixées par le liquide de Flemming. La structure du corps cellulaire a beaucoup plus de conformité que celle du noyau. Autour de ce dernier il y a le plus souvent une couche endoplasmique plus claire. Pour ce qui concerne le noyau, on peut reconnaître deux types extrêmes : *a*) type pauvre en chromatine, et *b*) type riche en chromatine. Les noyaux du premier type ont un aspect pâle et ne contiennent pas de réticule chromatique distinct, mais peuvent renfermer des grains chromatiques soit plus fins, soit plus gros et nucléoliformes; on voit par exemple dans la figure 9 quatre grains

chromatiques et volumineux ressemblant à des nucléoles, à part quelques granulations beaucoup plus fines et dispersées. D'autres noyaux de la même catégorie renferment un volumineux nucléole unique qui peut avoir une configuration irrégulière et être muni de courts prolongements. A part le nucléole fixant vivement la safranine, on peut encore rencontrer un nombre réduit de grains chromatiques isolés. Abstraction faite des parties chromatiques énumérées, les noyaux appartenant au type pauvre en chromatine renferment de fines granulations, mais qui se montrent comme décolorées dans des coupes colorées à la safranine et traitées ensuite à l'alcool acidulé.

Les noyaux du second type renferment une charpente de filaments nucléaires dont la structure est nettement *granulaire* pour ce qui concerne la partie chromatique, et des nucléoles (fig. 10). Dans la plupart des cas, on peut reconnaître un certain rapport entre le nucléole et l'agencement des filaments nucléaires, dans ce sens qu'un certain nombre de filaments sont orientés de manière à avoir le nucléole pour centre. A part les filaments nucléaires plus longs et qu'on peut suivre à une distance relativement considérable à partir du nucléole, on observe aussi autour du nucléole de très courtes traînées de granules chromatiques agencées d'une manière radiaire.

A part les deux types extrêmes de noyaux, qui viennent d'être mentionnés, il y a aussi des formes intermédiaires dans lesquelles la partie chromatique n'est pas représentée essentiellement par des grains nucléoliformes ou de fines granulations dispersées, mais où l'agencement de ces granulations en forme de traînées et de filaments devient plus accusé.

Dans le corps cellulaire, en dehors d'une mince zone périnucléaire, on peut constater dans les cellules, dont il est question, de fines fibrilles agencées concentriquement par rapport au noyau. Le contour cellulaire est bien dessiné, et aux cellules plus volumineuses il n'est pas rare de constater une fine couche délimitante simulant une enveloppe.

C'est dans ces cellules que des granulations chromatiques dans le corps cellulaire sont fréquentes. On les constate soit dans les cellules à noyau pauvre en chromatine, soit dans celles à noyau pourvu de filaments nucléaires chromatiques distincts. Par rapport à la situation et à la configuration des granulations chromatiques il

n'y a rien de bien particulier à signaler; leur situation n'a rien de fixe; leur configuration est généralement globuleuse; leurs dimensions sont assez variables, pas rarement assez grandes, de sorte que les granulations plus grosses se reconnaissent sans immersion. Elles se colorent vivement à la safranine et sont entourées souvent d'une aréole claire. Une cellule peut en renfermer plusieurs et de dimensions inégales. On constate aussi des granulations plus épaisses qui se composent de deux (ou trois) granulations plus fines et accolées (fig. 7 et 8).

Il n'est pas sans intérêt de constater que par rapport à la structure du noyau des cellules-spermatogonies du testicule de la grenouille, et pour ce qui concerne notamment les deux types nucléaires signalés plus haut, les rapports entre les nucléoles et les filaments chromatiques, la fréquence des granulations chromatiques, il y a une grande analogie avec ce qu'on constate dans les ovules de mammifères.

Salamandre tachetée. — Les cellules volumineuses à noyau polymorphe du testicule de la salamandre offrent encore un exemple de cellules dont le corps peut être infiltré de granulations chromatiques. La description qui suit se rapporte en particulier à un testicule dont les loges renfermaient pour la plupart des spermatozoïdes déjà bien développés. Entre les spermatocystes, on trouve par places de petits îlots de ces cellules caractéristiques à noyau polymorphe décrites par La Valette, Nussbaum, Hermann, Meves et d'autres. Ces cellules n'existent pas seulement au niveau d'un des bords du testicule, mais aussi dans la profondeur de l'organe. Elles sont tantôt isolées, tantôt forment de petites lignées. Les limites cellulaires sont marquées par une membrane dans laquelle la cellule semble être incapsulée. Contre cette membrane sont appliqués des noyaux aplatis ou à configuration irrégulière, et qui sont enclavés entre les cellules lorsqu'elles forment une lignée. Les cellules peuvent atteindre le diamètre de 40 à 50 μ. Elles se distinguent ensuite facilement à leur noyau volumineux et très souvent de forme irrégulière. La surface du noyau est pourvue de bosselures, d'entailles ou d'incisures parfois très profondes; il en résulte un aspect lobé ou mamelonné. Ces noyaux rappellent à certains égards les noyaux dits bourgeonnants de la moelle des os des mammifères. Par rapport à la richesse en matière chromatique, on observe des différences considérable selon les noyaux. Il y a des

cellules renfermant des noyaux qui se colorent vivement (mélange de Flemming, safranine) et renferment, à part les nucléoles, de nombreux filaments à structure granulaire, c'est-à-dire dans l'intérieur desquels on reconnaît de fines granulations chromatiques alignées. Les dimensions des nucléoles sont variables. La substance interposée entre les filaments nucléaires, et qu'on désigne communément sous le nom de caryoplasma, ne reste pas non plus incolore, mais renferme de fines granulations qui fixent la safranine. Ces noyaux sont, du moins souvent, plutôt ramassés quoique présentant des irrégularités (bosselures, incisures) à la surface (fig. 11). D'autres cellules de la même catégorie ont des noyaux beaucoup plus pauvres en matière chromatique et se colorant beaucoup moins vivement que les noyaux mentionnés en premier lieu. Les noyaux pâles peuvent être particulièrement garnis d'incisions profondes et se composer d'un certain nombre de segments ou de parties qui ne sont réunis que par des commissures peu épaisses (noyaux pluripartites). A l'intérieur de ces noyaux il y a des grains chromatiques dispersés, de volume variable; les plus gros sont nucléoliformes. Dans les noyaux particulièrement décolorés, il n'y a pas, à proprement parler, de filaments nucléaires chromatiques distincts. A cette espèce cellulaire, on reconnaît donc également les deux types extrêmes signalés par rapport aux spermatogonies de la grenouille; vu les dimensions beaucoup plus considérables des noyaux de ces cellules chez la salamandre, les différences entre les types nucléaires extrêmes sont encore plus démonstratives, sans parler du sillonnement particulièrement profond qu'on peut constater au type pauvre en chromatine.

Il y a lieu toutefois de tenir compte du fait que les testicules examinés, de la grenouille et de la salamandre, ne correspondent pas au même stade de développement, vu que dans le testicule de la grenouille la spermatogénèse est bien moins avancée.

Le corps cellulaire laisse reconnaître trois zones : une zone interne ou périnucléaire qui se distingue par son aspect plus clair et homogène; une zone moyenne, plus épaisse, d'aspect plus sombre que la zone précédente, renfermant de fines granulations serrées, des fibrilles protoplasmiques et des granulations chromatiques dont il sera question dans un instant; vient enfin une zone externe de nouveau plus claire et beaucoup moins parsemée de granulations. La différenciation du corps cellulaire en zones : exo-

méso- et endoplasmique est particulièrement démonstrative à ces cellules.

C'est la zone moyenne (ou granulo-fibrillaire) du corps cellulaire qui renferme le plus grand nombre de granulations chromatiques. Elles peuvent être dispersées ou former de petits groupes qui se composent de deux ou trois granulations; dans le dernier cas, les granulations forment une figure triangulaire. Les granulations peuvent aussi former une rangée linéaire.

Mais les granulations chromatiques s'observent aussi dans la zone endoplasmique (fig. 11) où elles peuvent s'avancer jusqu'au contact avec le contour nucléaire.

A part les granulations chromatiques, on peut encore rencontrer dans la zone mésoplasmique des granulations qui réduisent l'acide osmique et qui sont, par conséquent, de nature graisseuse.

Parmi les cellules qui viennent d'être décrites, les unes ne semblent pas présenter d'altération et ne sauraient être envisagées comme des cellules en voie de régression; quant à celles qui contiennent des noyaux particulièrement décolorés, profondément incisés et comme en train de se *morceler*, on serait porté à croire qu'il s'agit en effet de cellules en voie de régression. Telle paraît être aussi l'opinion de La Valette, du moins pour certaines d'entre elles, comme on en voit à la figure 9 de la planche accompagnant son travail (1895). Par rapport à d'autres cellules de cette espèce, à noyaux également lobés mais riches en chromatine, von La Valette admet qu'elles ne subissent pas de régression; les noyaux finiraient par reprendre la forme régulière et se diviser ensuite d'après le mode caryocinétique (*loc. cit.*, p. 6), contrairement à l'opinion de vom Rath. Nussbaum n'envisage pas non plus ces cellules comme subissant la régression, mais pense qu'il s'agit d'un stade précédant la spermatogénèse.

Hermann (1889) s'occupe également de ces cellules à noyaux lobés à propos des phénomènes régénératifs dans le testicule de la salamandre. Il désigne ces cellules sous le nom de cellules germinatives indifférentes (« indifferente Keimzellen », Spermatogonien), et dit qu'elles correspondent aux « ovules mâles » des auteurs français. Hermann met en doute la division caryocinétique de ces cellules et pense que la configuration particulière de leurs noyaux correspond à un état de surcroît des échanges de la matière et de l'énergie de l'accroissement.

D'après Meves (1894), il ne s'agit pas non plus d'un état de régression cellulaire; ses constatations seront envisagées avec plus de détails plus loin dans la partie critique et bibliographique.

Il résulte de ces remarques historiques que la question de savoir si l'état de ces cellules caractérisé par la polymorphie nucléaire doit être interprété comme un indice de régression, comme un état particulier de nutrition ou encore comme un stade de transition dans l'évolution de la cellule, n'est pas encore complètement élucidée, de sorte qu'une certaine réserve est aussi indiquée par rapport à la signification des grains chromatiques qu'on constate à leur intérieur, c'est-à-dire si leur présence est liée à un état normal ou à un état pathologique de la cellule.

Granulations chromatiques dans les glandes orbitaire externe (juxta-parotidienne) et sous-orbitaire du rat blanc.

Je rappelle brièvement à cette place qu'on constate chez le rat une glande qui est accolée à la parotide, mais dont le conduit excréteur terminal s'ouvre, de commun avec celui de la glande sous-orbitaire, dans la cavité orbitaire, en renvoyant, pour ce qui concerne la description détaillée des rapports topographiques et de la structure intime de la glande, à mon travail antécédent sur ce sujet (4°, 1900). La glande, s'ouvrant dans la cavité orbitaire, peut donc pour cette raison être considérée comme une glande orbitaire, bien qu'elle soit située en dehors de ladite cavité et accolée à la parotide. La structure fine de cette glande orbitaire externe offre plusieurs particularités qui portent sur les dimensions considérables que peuvent atteindre les cellules glandulaires, sur la conformation du corps cellulaire, sur le volume et la polymorphie remarquable que peuvent présenter les noyaux. Des particularités analogues se constatent aussi dans la glande sous-orbitaire du même animal, comme je l'ai déjà signalé en 1894 (comp. ma note : Zur Kenntnis der Glandula infraorbitalis einiger Säugetiere, *Anatom. Anzeiger*, X, 1895, p. 123). Le fait que des granulations chromatiques se rencontrent dans le protoplasme des cellules épithéliales de la glande orbitaire externe (juxta-parotidienne) ne m'a pas échappé alors, mais je ne l'ai signalé qu'en passant, vu qu'il s'agissait avant tout d'établir les connexions de cette glande avec la cavité orbitaire et le conduit de la glande sous-orbitaire. Voici la traduction textuelle

du passage respectif : « A part ces granulations très fines (il s'agit de très fines granulations protoplasmiques, mais qui ne constituent pas précisément les granulations chromatiques dont il est question dans la suite), on rencontre encore des granulations plus épaisses et beaucoup plus dispersées, qu'on peut démontrer dans nombre de cellules en colorant par l'hématoxyline de Delafield ou le carmin aluné les préparations faites à la suite de la fixation au sublimé » (4°, p. 546).

J'ai fait depuis lors d'autres préparations de cette glande à la suite de la fixation par le mélange de Zenker; les coupes faites après l'inclusion à la paraffine ont été colorées doublement à l'hémalun et à l'éosine ou à la fuchsine acide.

Les granulations chromatiques qu'on rencontre dans les cellules glandulaires fixent vivement l'hémalun (et non pas l'éosine ou la fuchsine acide). Il est essentiel encore de faire ressortir le fait que les dites granulations se comportent comme les parties chromatiques du noyau et les nucléoles dits nucléiniens, et non pas comme les nucléoles plasmatiques, comme on peut l'établir d'une manière certaine sur ces préparations, grâce à la constatation suivante : nombre de noyaux de l'hépithélium glandulaire renferment les *deux* espèces de nucléoles, les nucléoles chromatiques fixant l'hémalun et les nucléoles plasmatiques fixant l'éosine. Ces derniers nucléoles peuvent atteindre un volume assez considérable, de sorte qu'ils tranchent distinctement par leur coloration rosée ou rougeâtre sur les nucléoles colorés en bleu-violacé comme les microsomes nucléaires chromatiques. Les granulations chromatiques du corps cellulaire dont il est question à cette place ne sauraient donc être mises en rapport immédiat avec les nucléoles plasmatiques, ou du moins elles s'en distinguent par leurs réactions micro-chimiques.

Ces granulations peuvent être très fines ou plus épaisses, se rencontrer à l'état isolé ou groupé. Les groupes de granules n'en renferment dans la règle qu'un petit nombre. A part les granulations de forme arrondie, on rencontre aussi des granulations étirées en virgules ou même de configuration irrégulière (fig. 13). Les granulations étirées peuvent aussi être géminées. Parfois un granule un peu plus gros est en connexion avec quelques granules plus fins situés unilatéralement. Les granulations isolées ou groupées sont entourées dans la règle d'un espace clair parfois particulièrement bien accusé.

La structure et la disposition des granulations chromatiques dans la glande orbitaire externe, tout en présentant des caractères communs avec ce qu'on constate dans les cellules ovariques ou les cellules du testicule précédemment spécifiées, ont néanmoins des caractères distinctifs. C'est notamment la fréquence des granulations étirées en forme de virgule et de forme irrégulière, alors que dans les organes examinés en premier lieu il s'agit dans la règle ou le plus souvent de granulations arrondies, lors même qu'elles sont géminées. Ces différences seraient-elles dues aux modes différents de fixation ou à une autre cause? Il est très peu probable que les formes étirées ou un peu irrégulières des granulations soient dues à l'altération ou la rétraction occasionnées par le mélange fixateur. Le mélange de Zenker passe généralement pour un bon fixateur, et c'est aussi notre opinion. Dans les préparations respectives de la glande orbitaire externe, la conservation des structures protoplasmiques et nucléaires est bonne; on ne voit nulle part de rétraction ni au corps cellulaire, ni aux noyaux. En fait de structure sprotoplasmiques, on distingue par exemple avec une grande netteté à certaines cellules glandulaires des fibrilles massées dans certaines régions de la cellule (fig. 12 et 13); il s'agit selon toute apparence d'une particularité structurale décrite sous le nom de filaments basaux (« Basalfäden ») ou ergastoplasmiques aux glandes salivaires par Solger (Zur Kenntnis der secernierenden Zellen der Gland. submaxillaris des Menschen, *Anat. Anzeiger*, IX, 1894) et par Garnier (Les filaments basaux dans les cellules glandulaires, *Bibliogr. anatomique*, 1897).

On distingue ensuite entre les cellules des fentes plus claires ressemblant à des canalicules. Leurs contours ne sont pas toujours rectilignes, mais le contour intérieur peut être ondulé, comme si des prolongements partant de ces fentes allaient se perdre dans le corps cellulaire (fig. 12). Il s'agit probablement de formations décrites sous le nom de capillaires sécrétoires. Ces détails établissent que la conservation des éléments dans les préparations est bonne, de sorte que rien n'autorise d'envisager les formes étirées ou anguleuses des granulations chromatiques comme des formations artificielles dues à l'action des réactifs. Cette interprétation pouvant être écartée, on est autorisé de penser à une autre possibilité, savoir qu'il s'agit de granules chromatiques doués de contractilité. Cette conclusion n'aurait rien d'improbable, bien au

contraire, elle cadrerait avec d'autres observations tendant à établir la contractilité des nucléoles et du noyau. Nous reviendrons sur cette question plus loin dans la partie critique de ce travail.

Pour ce qui concerne la situation des granulations chromatiques, elle est variable aussi dans cette espèce cellulaire; elles se rencontrent près des limites extérieures des cellules au voisinage des fentes intercellulaires, dans l'épaisseur du corps cellulaire ou au voisinage du contour nucléaire. On constate parfois qu'un granule chromatique adhère à une petite excroissance au contour nucléaire.

Il y a maintenant à envisager de plus près un autre fait constatable à la glande orbitaire externe et qui pourrait être en corrélation avec les granulations chromatiques qui se rencontrent dans le corps cellulaire. Ce fait concerne la présence des globules lymphatiques entre les cellules glandulaires.

Il n'est pas rare de constater des globules lymphatiques dans les travées conjonctives qui séparent les lobules glandulaires. A un examen attentif, on peut se convaincre que ces globules peuvent pénétrer dans l'intérieur des alvéoles glandulaires et dans les cellules elles-mêmes. La figure 12 représente un globule de ce genre situé dans un petit espace intercellulaire évidemment dilaté. On reconnaît avec certitude, à deux endroits, la communication de cet espace avec les fentes intercellulaires voisines. L'espace renfermant le globule lymphatique doit donc être envisagé comme une partie dilatée d'une de ces fentes intercellulaires. Quant à la cellule contenue dans ledit espace, elle a tous les caractères d'un globule lymphatique d'après sa structure et ses dimensions. Le corps cellulaire est bien reconnaissable autour du noyau vivement coloré.

On peut, d'autre part, constater dans les préparations la pénétration d'un globule lymphatique dans le protoplasme cellulaire à partir d'une travée conjonctive périalvéolaire. La face cellulaire correspondante est creusée dans ce cas d'une encoche assez profonde dans laquelle est logé un noyau appartenant à un globule lymphatique. Le corps cellulaire du globule lymphatique n'est plus reconnaissable comme tel, mais une couche d'aspect hyalin sépare le noyau du protoplasme de la cellule épithéliale glandulaire.

Dans d'autres cellules glandulaires, on reconnaît déjà à l'intérieur du corps cellulaire un corps ressemblant tout à fait à un noyau d'un globule lymphatique mononucléé; bien que la colora-

tion dudit noyau soit un peu diffuse, on peut reconnaître à son intérieur des granules colorés plus vivement; le noyau est entouré d'une aréole hyaline qui le sépare du protoplasme de la cellule glandulaire (fig. 14).

La constatation représentée à la figure 15 demande une explication spéciale. Dans un espace intercellulaire on trouve un amas irrégulier de granulations chromatiques. Cet amas se compose de quelques parties étirées et recourbées, tassées ensemble et de quelques granules beaucoup plus fins et dispersés. Quelques-uns sont plus faiblement colorés, comme s'ils étaient en train de perdre l'affinité pour les matières colorantes. De l'espace renfermant cet amas chromatique partent les fentes intercellulaires dont il vient d'être question un peu plus haut. Nous reviendrons plus loin sur l'interprétation probable de cette constatation.

En rapprochant les observations qui viennent d'être relatées, on est autorisé de conclure qu'il s'agit soit de l'incorporation des globules lymphatiques par les cellules épithéliales, soit de la pénétration des globules lymphatiques dans leur intérieur.

Granulations chromatiques dans les cellules interstitielles de l'ovaire.

Les préparations qui m'ont servi à l'étude des granulations chromatiques dans les ovules, m'ont servi, en outre, à l'étude de ces granulations dans les cellules interstitielles de l'ovaire. Cette espèce cellulaire s'est montrée beaucoup moins favorable à cet égard. La recherche des granulations chromatiques dans les cellules interstitielles de l'ovaire de la chatte, en particulier, se complique par le fait que les cellules sont abondamment infiltrées de gouttelettes réduisant l'acide osmique; dans le but de dissoudre ces gouttelettes, les préparations fixées par le mélange chromo-osmio-acétique et colorées à la safranine ont été traitées par l'essence de térébenthine. C'est à des préparations obtenues par cette méthode que se rapportent les figures 16-20. Les granulations chromatiques ne paraissent pas être fréquentes dans ces cellules; on en découvre en examinant ces cellules d'une manière soutenue avec un objectif à immersion homogène. Il s'agit ordinairement de granulations plutôt fines ou très fines, mais ayant gardé la coloration rouge vif malgré le traitement des coupes par l'alcool acidulé (fig. 20). On

rencontre aussi des granulations qui paraissent se composer de deux parties accolées (fig. 19). Dans d'autres cellules, on découvre des granulations sensiblement plus volumineuses (fig. 16, 17 et 18). Il convient, pour les découvrir, d'examiner de préférence les cellules plus jeunes et moins infiltrées de gouttelettes graisseuses. Les granules chromatiques peuvent être entourés d'une aréole claire. Les différences sensibles de dimensions qu'on peut constater à ces granulations sont difficilement conciliables avec leur interprétation éventuelle comme des chromosones. La situation de ces granules chromatiques n'a rien de fixe.

Granulations chromatiques dans les cellules nerveuses des ganglions cérébraux-spinaux.

Les constatations qui vont être relatées se rapportent en particulier au ganglion de Gasser, mais aussi aux ganglions spinaux. Les pièces ont été fixées soit au liquide de Flemming, soit au liquide d'Erlicki; les coupes ont été colorées à la safranine dans le premier cas, au picrocarmin sodique ou à l'hématoxyline dans le second cas.

Envisageons d'abord les préparations fixées au liquide d'Erlicki. Lors même que ce mélange est d'un emploi très restreint pour ce qui concerne la fixation des tissus en général, il peut cependant être utile par rapport aux centres nerveux, ganglions et nerfs. Pour ce qui concerne les ganglions en particulier, on peut obtenir des préparations auxquelles on ne remarque aucune rétraction du corps cellulaires ni du noyau, alors que cela arrive ordinairement avec les solutions de bichromate potassique ou d'acide chromique. Si on ne laisse pas agir trop longtemps le liquide d'Erlicki, on obtient avec le picrocarmin et avec l'hémalun de bonnes colorations.

On constate, dans les conditions qui viennent d'être précisées, dans le corps cellulaire des granulations pouvant être assez nombreuses et ayant fixé soit le carmin, soit l'hématoxyline (fig. 21). On les rencontre soit au voisinage immédiat du contour nucléaire, soit plus loin dans la couche cellulaire moyenne. Elles sont plutôt fines mais distinctement reconnaissables, et entourées pour la plupart d'une aréole hyaline. Elles peuvent être groupées par deux, un granule plus fin peut dans ce cas être accolé à un granule plus gros. On sait que la coloration carminée appliquée dans les condi-

tions qui viennent d'être précisées n'est pas favorable à la coloration des filaments nucléaires, alors qu'elle fait bien ressortir le nucléole. Les granulations qui viennent d'être signalées se colorant assez vivement malgré leurs petites dimensions, on serait porté d'en conclure qu'elles se rapprochent d'après leur composition plutôt de la substance des nucléoles.

Dans les préparations colorées à l'hématoxyline, les granulations chromatiques du corps cellulaire ressortent d'une manière encore plus démonstrative. On trouvera une figure représentant ces granulations dans les cellules d'un ganglion spinal de la tourterelle dans mon atlas d'histologie (6°) à la Planche XXV, figure 5, le fait ayant été signalé dans le texte explicatif à la page 43.

Pour éviter tout malentendu, il y a encore à ajouter que ces granulations chromatiques dispersées ne sont pas à confondre avec la colorabilité générale plus intense qu'on observe à certaines cellules ganglionnaires (variété dite chromophile, Flemming, Flesch et d'autres). Ces différences sont bien accusées aussi dans nos préparations, mais ne sont pas dues à la présence de ces granulations chromatiques très dispersées dont il est question à cette place.

Quant à la question de savoir laquelle des variétés cellulaires mentionnées (chromophile et achromophile) est plus riche, en moyenne, en granulations chromatiques, il faudrait vouer à cette question une attention spéciale pour pouvoir formuler une conclusion bien établie. Ce qui est certain, c'est qu'on trouve des granulations chromatiques aussi dans la variété dite achromophile de cellules ganglionnaires. La figure 21 se rapporte précisément à une cellule de ce genre.

Pour ce qui concerne maintenant les préparations fixées au liquide de Flemming et colorées à la safranine, il y a lieu d'ajouter que la décoloration partielle a été obtenue non pas par le procédé ordinaire de traitement par l'alcool acidulé, mais par l'essence de girofle; toutefois le traitement par l'essence n'a pas été continué trop longtemps dans le but d'éviter la décoloration complète.

Comme c'était à prévoir *a priori*, le résultat par rapport au nombre des granulations colorées n'est pas identique comparativement aux constatations faites par la méthode précédente. La différence entre les variétés cellulaires chromophile et achromophile apparaît distinctement et même d'une manière plus démonstrative que dans le premier cas; mais c'est par rapport au *nombre* des gra-

nulations qui se montrent colorées que la différence est particulièrement tranchée (fig. 22).

La décoloration n'ayant pas été poussée à dessein trop loin, on reconnaît dans les cellules de la variété chromophile en particulier de nombreuses et fines granulations safranophiles. Ces granulations montrent cependant un certain groupement. On constate d'abord une couche marginale assez compacte de granulations, en dessous du revêtement de l'enveloppe cellulaire. On les trouve ensuite disséminées dans l'intérieur du corps cellulaire ou encore au voisinage du noyau. Elles sont tantôt plus dispersées, tantôt plus serrées et formant des traînées. Au voisinage immédiat du noyau, on distingue dans la règle une zone moins colorée et renfermant moins de granulations ayant fixé la safranine.

Cette différence si accusée par rapport au nombre des granulations qu'on peut faire ressortir dans les cellules de la même espèce, selon la méthode employée, est de nature à faire naître une certaine circonspection par rapport au sens de la dénomination : chromophile. La question de savoir s'il s'agit dans ces deux cas de la même espèce de granulations s'impose d'elle-même. Cela est très peu probable, car les granulations colorées au picrocarmin ou à l'hématoxyline résistent à la décoloration, tandis que les safranophiles se décolorent pour la plupart; les premières se comportent comme des parties nucléaires (ou nucléolaires), les secondes n'ont pas pour la plupart ces propriétés. On pourrait cependant objecter que les différences qui viennent d'être signalées, n'impliquent pas encore une différence de nature, mais correspondent à des stades différents de transformation granulaire.

Granulations chromatiques dans les cellules de la moelle osseuse.

Grenouille. — La moelle osseuse de ce batracien renferme, de même que la moelle des mammifères, plusieurs espèces cellulaires; ce sont : *a*) Des cellules médullaires (médullocelles) de forme arrondie ou ovalaire arrondie, à noyau relativement volumineux, arrondie ou ovoïde, et pouvant présenter des incisures et encoches : le corps cellulaire ne forme tantôt qu'une mince couche autour du noyau, tantôt il est plus développé. *b*) Des cellules étirées, assez caractéristiques, à noyau situé tout à fait excentriquement au

niveau d'une des extrémités cellulaires (fig. 23). Le noyau, tout en étant arrondi, est souvent pourvu de bosselures. *c*) Des cellules qu'on pourrait rapprocher des cellules géantes de la moelle osseuse des mammifères. Ces cellules, plus volumineuses que les autres, renferment des noyaux irrégulièrement conformés ou plusieurs noyaux. On peut subdiviser cette catégorie cellulaire en deux variétés qui diffèrent d'après la conformation du noyau. Les cellules de l'une de ces variétés renferment un noyau de configuration très irrégulière, incisé et lobé ; les incisures peuvent être si profondes qu'on a quelque peine à élucider s'il s'agit d'un noyau unique ou de quelques noyaux superposés (fig. 24). Dans l'autre variété cellulaire, en moyenne encore plus grande, on constate quelques noyaux indépendants et assez régulièrement conformés (fig. 25). *d*) Des cellules qu'on ne saurait distinguer des lymphocytes multinucléés; le corps cellulaire ne renferme que de très fines granulations. *e*) Des cellules infiltrées de granulations plus épaisses; ces granulations ne réduisent pas l'acide osmique. Le noyau de ces cellules est situé dans la règle excentriquement dans la région cellulaire moins chargée de granulations. Ces cellules ressemblent beaucoup aux leucocytes éosinophiles. La description qui précède, de même que les notions qui suivent par rapport aux granulations chromatiques, se basent sur des préparations faites d'après la méthode suivante. La moelle osseuse de l'animal adulte a été étalée en couche aussi mince que possible sur une lamelle et fixée ensuite par le mélange de Flemming. Toutes les autres manipulations, lavage, coloration à la safranine, décoloration par l'alcool acidulé, éclaircissement, ont été opérées sur la lamelle. Les préparations furent montées au baume.

Des granulations chromatiques se rencontrent en particulier dans les espèces cellulaires mentionnées sous *b*) et *c*). Ces granulations sont généralement très fines et l'emploi des objectifs à immersion est tout indiqué pour les reconnaître. Une cellule peut en contenir plusieurs (fig. 25). Les granulations peuvent être agencées en forme de diplosome (fig. 23), ou former deux groupes se composant chacun de granules accolés ou semblant être réunis par une commissure (fig. 24). Un espace aréolaire hyalin sépare ces granulations groupées du protoplasme ambiant. Par rapport à leur situation, on constate des différences très sensibles. Ainsi l'hyalosphère et les granules géminés sont situés à l'extrémité

cellulaire opposée à celle renfermant le noyau dans la cellule représentée dans la figure 23; dans la cellule de la figure 24, le groupe de granules est situé dans une profonde encoche d'un noyau irrégulier. L'espace hyalin entourant les granulations chromatiques tranche très nettement sur le protoplasme ambiant dans les cellules représentées dans les figures 23 et 24; moins nettement dans la cellule de la figure 25, où l'on voit trois granulations situées à une certaine distance l'une de l'autre, mais entourées d'un espace clair commun à limites un peu vagues, et une quatrième granulation située isolément.

On voit, en définitive, que des différences sensibles se manifestent par rapport aux dimensions, le nombre, le mode de groupement et la situation des granulations chromatiques.

Partie critique et bibliographique.

Nous venons de passer en revue un certain nombre d'organes (ou de tissus) dont les cellules peuvent renfermer des granulations chromatiques ou nucléoïdes. On voit d'après ce qui précède que ces granulations se rencontrent en particulier dans les cellules à évolution complexe (ovules, spermatogonies); dans les cellules en voie d'accroissement (cellules ovulaires); dans les cellules à noyaux polymorphes, soit d'origine épithéliale (épithélium de certaines glandes), soit d'origine conjonctive (cellules de la moelle osseuse).

Ayant signalé dans ma première communication à ce sujet (1888, 1°) l'existence des granulations vraiment chromatiques dans les ovules de mammifères aux stades différents de leur développement, j'ai émis l'opinion que ces granulations pourraient jouer un rôle dans l'échange de la matière ayant lieu entre le protoplasme et le noyau; qu'il pourrait s'agir de granulations soit expulsées du noyau, soit au contraire en voie de migration vers le noyau; mais mes observations ne me permettaient pas de formuler une conclusion plus affirmative à cet égard.

J'ai pu confirmer mes premières observations et constater, de plus, que des granulations chromatiques se rencontrent aussi dans les ovules en voie de régression commençante (lapine) (dans un travail subséquent, 2°, 1889). L'existence des granulations de ce genre est mentionnée ensuite expressément dans mon mémoire sur

la fécondation, la maturation et la division de l'œuf de l'oxyure du lapin (3°, 1890), soit dans les ovules encore contenus dans l'ovaire, soit dans les œufs passés dans l'oviducte et se trouvant, en particulier, au stade de la formation et de l'expulsion du 1er globule polaire. Les pièces ont été fixées à l'alcool acétique, et colorées au carmin boracique, la coloration ayant été suivie de lavage dans l'alcool acidulé ; les granulations respectives résistaient à la décoloration comme les parties nucléaires, alors que beaucoup d'autres granulations contenues dans le vitellus se décoloraient entièrement dans ces conditions.

D'assez nombreux travaux dans lesquels il est question de granulations chromatiques ont été publiés depuis lors, et dans la plupart de ces travaux se trouve représentée l'opinion qui consiste à considérer lesdites granulations comme dérivant du noyau par élimination (ou émigration); quant à l'interprétation contraire, elle n'est pas appuyée par ces travaux. La question de l'expulsion ou de l'émigration du nucléole ne sera envisagée à cette place que pour autant qu'elle pourrait être mise en corrélation avec les granulations chromatiques du corps cellulaire. Il est évident, ensuite, que seuls les travaux dans lesquels il est question des granulations chomatiques (et non pas chromophiles) fixant les matières colorantes nucléaires peuvent être prises en considération à cette place. Il y a à remarquer à ce propos que nombre d'observations récentes se basent sur la méthode de coloration à l'hématoxyline ferrique d'après Heidenhain, laquelle méthode ne permet pas de conclusion décisive sur la nature des granulations pour des raisons déjà expliquées plus haut à propos des méthodes de recherches.

Cette présumée élimination des matières nucléaires a été mise en corrélation soit avec la formation du corps vitellin, des centrosomes, ou encore des corps paranucléaires, soit avec la maturation de l'ovule, soit avec le processus sécrétoire. D'autres auteurs, tout en mentionnant les granulations chromatiques, ne formulent aucune opinion à cet égard.

Envisageons de plus près ces différentes manières de voir.

Pour Balbiani (1893), le noyau vitellin est un corps homologue du centrosome des cellules somatiques et du Nebenkern (Platner) des cellules séminales. Il dérive de la vésicule germinative de l'ovule par bourgeonnement au moment où la cellule ovulaire quitte l'épithélium germinatif pour continuer son développement

dans un follicule ovarique. « Le noyau vitellin exerce sur le protoplasme de l'ovule une action analogue à celle que le centrosome exerce sur le protoplasme des cellules ordinaires, et s'entoure d'une couche périphérique comparable à la masse plasmique dite sphère attractive des autres cellules. Le noyau vitellin peut être double comme le centrosome. » Le noyau vitellin peut s'accroître et dépasser en volume la vésicule germinative, mais « cet accroissement constitue une véritable dégénérescence hypertrophique, déterminée par l'effet d'une nutrition surabondante sur un élément passé à l'état d'inactivité physiologique ». Il peut être considéré comme le centrosome femelle dégénéré et ayant perdu sa signification conformément à la théorie de Boveri.

Leydig (1889) admet l'existence de deux espèces de corps vitellins : *a*) des corps ressemblant à des taches germinatives et se formant aux dépens des taches émigrées ; *b*) des corps se formant dans l'intérieur du vitellus, ou corps paranucléaires (Nebenkerne) ; ils se formeraient par accroissement et transformation des points nodaux du spongioplasma (*loc. cit.*, p. 396). L'auteur ne précise pas le point essentiel, savoir, si les corps intravitellins mentionnés sous *b*) se comportent, dans les coupes, comme des corps fixant les colorants nucléaires ou non ; mais il est permis de déduire du présumé mode de leur formation qu'ils représentent plutôt des corps plasmatiques.

Henneguy (1893) pense que le corps vitellin dérive d'une partie de la tache germinative ou de la tache entière sortie de la vésicule germinative, sans fournir cependant de preuve objective à l'appui de cette manière de voir. Ce corps serait un organe ancestral qui, avec les éléments nucléaires de la vésicule germinative correspond au macronucléus des Infusoires. Il se comporte comme un corps en voie de dégénérescence graisseuse et noircit par l'acide osmique chez la Pipistrelle. Tantôt le corps vitellin contient un corpuscule central, tantôt ce corpuscule paraît ne pas exister. Ainsi chez une chatte de quatre mois, Henneguy décrit le corps vitellin comme mesurant 10 μ, de structure finement granuleuse et se colorant par la safranine, mais ne contenant pas de corpuscule central. Le corps vitellin d'un ovule d'un embryon de mouton de 35 centimètres est représenté comme un corpuscule en forme de croissant et renfermant un corpuscule non coloré plus sombre. Le corps vitellin de la grenouille, variété esculenta, est représenté en forme de croissant

et renferme un corpuscule coloré (safranine); celui dans la variété temporaria renferme quelques granules vivement colorés. Dans les ovules de *Syngnathus acus*, le corps vitellin est représenté comme un grain coloré assez fort et accolé à un amas granuleux à peine ou pas coloré. Le corpuscule central du corps vitellin représenté par Henneguy a des dimensions évidemment plus grandes que le centrosoma représenté par nombre d'auteurs dans d'autres cellules de l'économie, comme aussi le corpuscule central représenté par Mertens au centre d'une sphère dans les ovules.

Henneguy signale en outre des « grains chromatiques » dans l'ovule de la chatte et du cobaye.

L'interprétation du noyau vitellin comme d'un organe ancestral correspondant au macronucléus des Infusoires n'est pas applicable, d'après von Bambeke, aux ovules de *Scorpaena scropa*, vu que les nucléoles ne prennent aucune part dans l'ovule de ce poisson au processus d'élimination de la substance nucléaire, élimination cependant très manifeste mais concernant uniquement les filaments de la charpente nucléaire. Il s'agit de l'élimination des parties vraiment nucléiniennes qui fixent le carmin boraté. Elle serait propre à une époque déterminée de l'évolution de l'ovule et notamment au stade de l'accroissement qui précède celui de la multiplication. L'élimination des parties nucléaires se ferait par les pores de la membrane de la vésicule germinative, mais les forces qui entrent en jeu dans ce phénomène sont difficiles à préciser; peut-être s'agit-il des mouvements amiboïdes des chromosomes, peut-être aussi d'une contraction totale de la vésicule germinative. Van Bambeke envisage ce processus comme une « réduction karyogamique ». Les parties éliminées ne revêtent pas la même forme; il y a à distinguer entre les parties encore rattachées au noyau par une tigelle, et les parties entièrement indépendantes. Les premières ont la forme de « flammes, » de « larmes » ou de « lames conjuguées »; les autres peuvent former de petits amas, variables quant au volume et au nombre, soit sphériques, soit de configuration variable. Ces éléments chromatiques sont situés généralement dans la région vitelline moyenne, un peu plus colorable que la région périnucléaire plus hyaline. Par rapport au sort ultérieur de ces parties éliminées du noyau, van Bambeke ne communique rien de positif, mais pense qu'elles ne sauraient correspondre au noyau vitellin de Balbian .

Mertens décrit l'élimination des parties nucléaires qui portent à la fois sur les chromosomes et la tache germinative de l'ovule (chat nouveau-né, moineau, pie). Cette élimination est d'autant plus vive que l'ovule est plus jeune. Aux dépens des parties éliminées se forment des grains chromatiques (fixant la safranine), plus fins ou plus volumineux, n'ayant pas de situation déterminée, entourés d'ordinaire d'une zone claire et étroite. Ces granulations ne sont pas à confondre avec les centromoses dont l'auteur a également constaté la présence dans l'ovule, mais au sein d'une sphère ou d'un amas granuleux. Pour ce qui concerne le sort ultérieur de ces granulations chromatiques, Mertens admet qu'elles peuvent se fragmenter, qu'elles perdent finalement l'affinité pour la safranine et se transforment en granulations vitellines. Il s'agirait en définitive d'éléments « vitellogènes ». Quant au noyau vitellin, l'auteur pense que différentes formations ont été confondues sous ce nom, à savoir : la sphère atractive comme aussi des granulations d'origine nucléaire. Van der Stricht (1°, 1893) a vu des grains chromatiques dans le vitellus des ovules d'homme et de mammifères (génisse, cochon d'Inde). Il a pu se convaincre dans certains cas que ces granulations doivent leur origine à la sortie des fragments chromatiques de la vésicule germinative.

Schmidt (1898) se montre très sceptique à l'égard de l'émigration du nucléole de l'œuf de Sélaciens, bien qu'il ait rencontré dans ses préparations des images qu'on serait tenté d'interpréter comme des nucléoles situés dans une évagination de la vésicule germinative, comme aussi tout à fait en dehors du noyau en plein vitellus, mais il pense qu'il s'agit plutôt d'images artificielles dues au fait que le nucléole a été entraîné mécaniquement par le rasoir. A part les granulations chromatiques nucléiformes, l'auteur décrit encore dans l'œuf de Sélaciens (embryons d'Acanthias) des corps colorables (fixation par le sublimé acétique, coloration au carmalun), parfois très volumineux, à contours irréguliers, en forme de boyaux pelotonnés ou d'anses ondulées, et dont l'origine et le rôle restent inconnus.

C'est à dessein que nous n'envisageons pas à cette place de plus près quelques travaux plus récents concernant la structure ou le développement de l'œuf, et dans lesquels travaux il est question d'inclusions vitellines désignées, entre autres, sous le nom de « boyaux vitellogènes », de « pseudochromosmes » et de « mitochon-

dries », vu qu'il s'agit pour la plupart d'inclusions qui se distinguent très notablement, soit par leur colorabilité soit par leurs dimensions, des granulations chromatiques qui nous occupent dans ce moment (van der Stricht (2°), d'Hollander, Lams et d'autres).

Nous venons de passer en revue un certain nombre de travaux ayant trait à l'élimination des parties nucléaires de la vésicule germinative de l'ovule, processus qu'on a mis en rapport avec la formation du noyau ou du corps vitellin, ou des chromosomes qu'il peut contenir dans son intérieur, ou avec la formation des granulations chromatiques de destination inconnue, ou donnant naissance à des granulations vitellines.

En comparant ces résultats à nos constatations, soit antérieures, soit relatées dans le présent travail, il y a d'abord à remarquer que nos granulations chromatiques ne sauraient être mises en rapport avec le corps vitellin, lors même qu'on ne prendrait en considération que le corpuscule central que plusieurs auteurs ont signalé dans son intérieur (Balbiani, Henneguy, van der Stricht et d'Hollander, von Winiwarter), car nos granulations sont entourées seulement d'une aréole claire, mais ne sont pas situées au centre d'un amas granuleux, qu'il soit de forme arrondie, ovalaire ou en forme de croissant. Qu'on envisage le corps encore énigmatique qui porte le nom de corps vitellin comme homologue d'une sphère attractive ou d'un centre vitellogène, il ne peut pas correspondre à toutes ces granulations chromatiques qu'on peut constater dans les ovules, granulations parfois particulièrement fines, parfois plus volumineuses. C'est pour dire qu'on ne saurait m'imputer d'avoir pris les granulations constatables au sein du corps vitellin pour une catégorie de granulations à part. L'inspection même rapide de mes figures suffirait pour rejeter cette présomption. Nous avons vu aussi que plusieurs observateurs distinguent nettement entre le corps ou le noyau vitellin et les granulations chromatiques du vitellus, — ainsi Henneguy, Schmidt, Mertens, ce dernier tout en paraissant ignorer mes observations antécédentes.

Après avoir éliminé ainsi la confusion éventuelle avec le noyau vitellin, nous pouvons aussi éliminer l'interprétation de nos granulations chromatiques comme des centrosomes. Il est certainement intéressant de constater que quelques-unes d'entre elles et notamment les géminées (fig. 3, 4 et 5) ressemblent aux formations décrites comme centrosomes, comme nous l'avons déjà mentionné

dans l'exposé des observations. Mais même autour de ces dernières granulations entourées d'une zone aréolaire particulièrement distincte, on ne voit pas dans nos préparations de zone comparable à une sphère et dont la constitution serait différente du vitellus environnant. L'interprétation de ces granulations comme centrosomes, tout en ayant quelques points de probabilité, ne saurait cependant être admise comme certaine; elle n'est en tout cas pas admissible pour toutes les granulations chromatiques constatables dans l'ovule.

Qu'il me soit permis de rappeler à ce propos que les formations protoplasmiques sombres en forme de croissant ou ovoïdes accolées à la vésicule germinative, décrites par les auteurs plus récents (Mertens, d'Hollander, Winiwarter et d'autres), ont été aussi signalées et figurées dans l'un de mes travaux antécédents (n° 2, 1889, de la bibliographie; page 11 du tirage à part, figures *4a-b* et *6a-b*; chat de un jour et fœtus de porc). Ces îlots se distinguent par l'affinité pour l'éosine sur des préparations fixées par l'alcool et colorées à l'hématoxyline et l'éosine. Je n'ai pas décrit, il est vrai, de centrosome ou de corpuscule central dans leur intérieur, mais ce corpuscule ne paraît pas s'y trouver toujours, aussi d'après Mertens. Winiwarter décrit dans l'ovule de jeunes lapines un corps chromatoïde qu'il interprète comme un corps de Balbiani, et cite les observations de Gurwitsch qui a vu des corps chromatoïdes dans l'ovule de cobaye. Il s'agit, d'après von Winiwarter, « d'un petit corpuscule, arrondi, un peu brillant, très réfringent entouré d'un espace étroit et clair »; ce corpuscule se colore en rouge vif à la suite de la coloration d'après Flemming, et en bleu foncé ou noir à la suite de la coloration à l'hématoxyline ferrique d'après Heidenhain (*loc. cit.*, p. 402). Il est probable, à en juger d'après cette description et la figure 3 de la Notice de von Winiwarter, que ce corpuscule correspond aux granulations chromatophiles que j'ai signalées et figurées également chez le lapin (compar. les fig. 11 et 12, pl. V de mon travail n° 2).

Analysons maintenant encore la manière de voir de Holl (1891) qui met en rapport l'élimination des granulations chromatiques avec la maturation de l'ovule. R. Hertwig paraît se rallier à cette manière de voir dans son grand article sur la fécondation et la maturation de l'œuf qui a paru dans le *Handbuch der vergl. u. exper. Entwickelungsgesch. d. Wirbeltiere*, édité par O. Hertwig (fascic. X et XI, 1903, p. 562-563; c'est évidemment par mégarde que l'auteur y

attribue mes observations sur la tache germinative et les granulations chromatiques à un Löwenfeld, vu que la citation à la page 693 des fascic. XII est XIII du traité se rapporte bien à ma note de 1888). Au stade qui précède la maturation de l'œuf, les granulations chromatiques faisant partie du réticule nucléaire abandonneraient, d'après Holl, la charpente du réticule, se rapprocheraient de plus en plus de la surface et finiraient par être éliminées. A mesure que cette élimination s'effectue, le nombre des granulations dans le corps cellulaire augmente. Finalement, le nucléole seul modifié dans sa configuration et transformé en un amas de grains chromatiques persiste dans la vésicule germinative.

Pour ce qui concerne les transformations que Holl décrit à la *tache germinative* de l'ovule de la femme, je suis heureux de constater qu'il existe une grande analogie entre ces transformations et celles que j'ai décrites dans l'œuf de l'oxyure du lapin (1890). J'ai constaté également que le nombre des granulations chromatiques est particulièrement abondant au stade qui se rattache à l'expulsion du 1er globule polaire chez cette espèce. Quant à la manière de voir qui consiste à rattacher l'origine des granulations chromatiques du vitellus à l'épuration que subit la charpente nucléaire, elle semble encore être discutable pour les raisons suivantes : Chez le chat nouveau-né ou âgé de quelques jours, on constate de fines granulations chromatiques dans les très jeunes ovules encore faisant partie des nids ou cordons ovulaires, de sorte qu'on ne voit pas comment on pourrait rattacher la présence de ces granulations au phénomène de la maturation (dans le sens ordinaire qu'on attribue à ce mot), qui se passe à un stade beaucoup plus avancé du développement de l'ovule. C'est encore dans les très jeunes ovules situés en dessous de l'épithélium germinatif dans les nids ou cordons ovulaires qu'on constate, chez le chat nouveau-né, des taches germinatives de formes irrégulières et laissant évidemment conclure à leur contractilité ou amiboïsme. Les ovules dont il est question dans le travail précité de Holl, se rapportant à la femme, au contraire, font partie des follicules ovariques volumineux (jusqu'à 1,6 cm. de diamètre et s'approchant de la déhiscence).

Nos granulations chromatiques, par conséquent, doivent avoir une autre signification. Les trois manières de voir qui viennent d'être passées en revue, et qu'on pourrait prendre en considération pour expliquer la provenance des granulations chromatiques dans

les ovules, pourraient convenir pour telle ou telle autre catégorie de granulations chromatiques, mais ne sauraient suffire pour expliquer le phénomène dans son ensemble. Quant aux présumées relations entre la formation des granulations chromatiques et le processus sécrétoire, il en sera question plus loin à propos des glandes.

Mais avant d'essayer de donner une autre interprétation du phénomène de la formation et de la provenance des granulations chromatiques dans le corps cellulaire, il convient de prendre en considération les autres espèces cellulaires mentionnées dans la partie descriptive et renfermant ou pouvant renfermer des granulations chromatiques.

Nous avons vu que les *spermatogonies* du testicule de la grenouille et les cellules à noyaux polymorphes du testicule de la salamandre maculée sont le siège fréquent des granulations chromatiques. On trouve dans le travail de Meves (n° 2, 1894), en particulier, des observations relatives à ces granulations dans les spermatogonies de la salamandre. L'auteur signale expressément le fait que ces granulations se rapprochent d'après leurs réactions microchimiques des parties nucléaires chromatiques et non pas des nucléoles. A part les granulations chromatiques proprement dites, Meves fait mention des corps plus volumineux, généralement isolées et d'origine nucléaire, enfin des pseudo-nuclei (noyaux accessoires, Nebenkerne), corps beaucoup plus volumineux et ressemblant à des noyaux, c'est-à-dire laissant reconnaître un contour et un contenu comprenant des granulations chromatiques et une substance intermédiaire. Par rapport à l'origine de ces derniers, l'auteur ne formule rien; mais pour ce qui concerne les granulations chromatiques, il les fait dériver du noyau par élimination, sans cependant fournir la preuve objective de cette élimination, car le fait que ces granulations peuvent être situées au voisinage immédiat du contour nucléaire ou au niveau des sillons séparant les lobes ou les bosselures nucléaires, ne suffit pas encore pour établir d'une manière certaine leur origine par élimination du noyau. Tout en partageant cette manière de voir, l'auteur ne pense pas que cette élimination se fasse, comme l'a décrit van Bambeke, par des pores à la membrane nucléaire, mais admet une élimination de la chromatine à l'état *soluble* (« Transport des Chromatins in gelöstem Zustande », p. 158). Pour ce qui concerne le sort ultérieur de la substance

chromatique éliminée, il serait multiple : en partie, elle pourrait servir à la formation des pseudo-nuclei, comme l'admettent Blochmann, Weissmann et Ischikawa chez les Arthropodes; une autre partie de la chromatine éliminée passerait dans une couronne de granules (« Körnerkranz ») qui résulte de la désagrégation de la sphère attractive; cette partie de la chromatine semble changer ensuite de réaction et prendre part à la reconstitution de la sphère. Il y aurait enfin de l'élimination de la chromatine aussi après la reconstitution de la sphère; cette portion finirait probablement par se détruire dans le corps cellulaire.

Il importe encore de faire ressortir que Meves n'envisage pas les spermatogonies de la salamandre à noyaux lobés ou polymorphes comme des cellules en voie de régression, mais pense que ces noyaux peuvent s'arrondir, c'est-à-dire reprendre une configuration plus régulière, transformation ayant lieu au printemps et s'accompagnant d'ordinaire de la reconstitution de la sphère. Ajoutons encore à ce propos que Meves a décrit dans un travail antécédent (1891) la segmentation amitotique du noyau pendant laquelle la sphère attractive forme une espèce d'anneau entourant la région étranglée du noyau.

Dans les cellules *glandulaires* on a constaté, à part les centrosomes, encore des granulations chromatiques qu'on a interprétées comme dérivant du noyau par élimination.

Les observations de Ver Ecke (1893) sur les cellules hépatiques (grenouille, chien) à la suite de la pilocarpinisation concernent essentiellement, il est vrai, l'émigration des plasmosomes, mais ils sont accompagnés de karyosomes. Les plasmosomes se transforment en granulations zymogéniques (*loc. cit.*, p. 82) qui sont refoulées petit à petit vers la lumière des acini, où elles disparaissent (grenouille).

Henry (1898) représente dans les cellules épithéliales de l'épididyme des mammifères (rat, homme) des granulations qu'il envisage comme des centrosomes, et d'autres, plus volumineuses, interprétées comme « boules de sécrétion ». Les premières granulations ont la forme de diplosome (microcentre) et sont situées près du bord libre des cellules (homme); on ne voit dans les figures autour de ces granulations ni aréole claire ni îlot comparable à une sphère. L'auteur mentionne expressément la vive colorabilité des centrosomes par les colorants nucléaires (p. 267). Les boules de sécrétion

ou « safranophiles » dériveraient du noyau et il existerait une relation très nette entre le nombre de ces boules et la quantité de chromatine que possède le noyau. Le noyau des cellules en excrétion est plus petit, pâle, pauvre en chromatine et ne possède pas de nucléole. « Il est noyé au milieu des boules de sécrétion. »

Garnier (1899) communique des détails très précis quant à la participation du noyau à la sécrétion des glandes parotide et sous-maxillaire du rat blanc. Le noyau des cellules séreuses élimine (surtout à la suite de la pilocarpinisation) des parties chromatiques dans le protoplasme ambiant; la membrane nucléaire se disjoint pour donner passage à ces granulations. Quelques-unes de ces granulations finissent par subir la transformation graisseuse (*loc. cit.*, p. 223). Il y aurait d'autre part des rapports entre les parties nucléaires expulsées, les filaments ergastoplasmiques et les corpuscules paranucléaires emprisonnés entre ces filaments. Sur les préparations provenant d'animaux pilocarpinisés, l'auteur dit avoir pu suivre « l'excrétion du zymogène sous forme de grains nettement individualisés et fortement colorés » (*loc. cit.*, p. 224). « Les filaments ergastoplasmatiques, après s'être chargés de substances nucléaires, élaborent des grains qui, d'abord nodaux, finissent par tomber dans les mailles du réseau protoplasmique; le grain définitif s'entoure d'une vacuole qui se met en relation de continuité avec les capillaires intercellulaires; enfin le zymogène tombe dans la cavité de l'acinus, qu'il ait ou non été au préalable dissous » (*loc. cit.*, p. 224). Notons encore que l'auteur n'a jamais vu de diplosomes dans les cellules, lors même qu'il s'agissait de s glandes au stade de forte excitation.

En comparant ces observations aux nôtres relatées plus haut et se rapportant à la glande juxta-parotidienne du rat blanc, il me semble peu probable que les grains chromophiles décrits par les auteurs qui viennent d'être cités, correspondent à nos granulations chromatiques. Pour ce qui concerne les boules safranophiles d'Henry, dans les cellules de l'épididyme, elles ne sauraient y correspondre en aucune façon; l'abondance surtout de ces boules, leur mode de groupement, en partie aussi leurs dimensions, l'établissent d'une manière certaine; il s'agit de granulations sécrétoires et non pas de granulations chromatiques dont il est question ici. Le procédé de coloration a été, selon toute évidence, appliqué de manière à obtenir à la fois des colorations nucléaires et plas-

matiques. On obtient, par exemple, des images beaucoup plus ressemblantes à celles représentées par Henry, en colorant les coupes de la glande sous-maxillaire du rat blanc, à la suite de la fixation par le mélange de Zenker, par l'hémalun et la fuchsine acide, mais les nombreux grains sécrétoires, qui infiltrent les cellules dans certains alvéoles glandulaires, fixent non pas l'hématoxyline mais la fuchsine acide (comme aussi l'éosine ou encore l'hématoxyline ferrique d'après Heidenhain). Les figures de Garnier (fig. 3 et 5 de la note citée) semblent se rapprocher davantage des nôtres pour ce qui concerne les granules chromatiques isolés, non pas les corpuscules paranucléaires. On remarquera que dans nos figures les granulations chromatiques sont situées en dehors de la région où l'on voit les fibrilles qui correspondent apparemment aux filaments ergastoplasmiques, contrairement à ce que Garnier indique pour les corpuscules paranucléaires qui sont généralement entourés de tourbillons de fibrilles ergastoplasmiques. La configuration de nos granulations chromatiques est plus variée que celle des granulations de Garnier, vu qu'elles ne sont pas toujours arrondies, mais qu'elles peuvent être aussi étirées ou en forme de diplosome.

Par rapport aux *cellules ganglionnaires*, Flemming (1895) a décrit dans ces cellules des granulations colorables (« tingirbare Körner ») et des fibrilles se mettant en rapport avec lesdites granulations. Il y a, il est vrai, une certaine ressemblance entre la disposition des granules représentés dans les figures 1 et 2 de Flemming et nos figures, mais il y a lieu de tenir compte de la différence des méthodes employées; dans le cas de Flemming il s'agit de la fixation par le sublimé et la coloration à l'hématoxyline d'après Heidenhain. Il y a aussi à relever expressément le fait que Flemming ne discute pas la nature, chromatique (nucléaire) ou non, des granulations qu'il décrit. Pour ce qui concerne les centrosomes, Flemming ne les a pas constatés chez les mammifères (chat, lapin, bœuf).

Les granulations signalées par v. Lenhossék dans les cellules ganglionnaires spinales de la *grenouille* ne correspondent assurément pas à celles qui sont représentées dans notre figure 21, car ces dernières ne sont que très peu nombreuses. V. Lenhossék distingue dans ces cellules deux espèces de granulations : les unes colorables au magenta (fixation par le mélange de Flemming); les

autres colorables à l'hématoxyline ferrique (fixation par le sublimé). Les premières forment dans l'exoplasme des traînées épaisses (« grobe, zu länglichen Zügen angeordnete Plasmaschollen ») dirigées parallèlement à la surface ; dans l'endoplasme, ces granulations sont plus fines et se groupent au niveau de la région occupée par la sphère attractive. Il n'est pas à méconnaître qu'il existe quelque analogie entre la disposition des granulations exoplasmatiques de v. Lenhossék chez la grenouille et celles qui sont représentées dans notre figure 22 se rapportant au chat; mais, comme je l'ai mentionné expressément dans la partie descriptive, ces granulations ne sauraient être envisagées toutes comme des granulations vraiment chromatiques, car elles résistent beaucoup moins bien à la décoloration (fixation par le mélange de Flemming, coloration à la safranine) que ces dernières. Les granulations de la seconde catégorie de v. Lenhossék (colorables à l'hématoxyline ferrique et Bordeaux) se groupent essentiellement dans la region de la sphère attractive ; mais ce corps n'a pas été constaté dans les cellules ganglionnaires des mammifères.

Dans l'étude critique et bibliographique très étendue, et ne comprenant pas moins de 128 numéros de littérature, de Pugnat (1901), on ne trouve cependant pas de notions utilisables par rapport aux granulations vraiment chromatiques, vu que l'auteur ne fait pas de distinction précise entre les granulations dites chromophiles et les granulations chromatiques ou nucléoïdes. Il suffit, par exemple, de jeter un coup d'œil sur notre figure 21 pour reconnaître que ces granulations ne sauraient en aucune façon être confondues avec les granulations chromophiles de Nissl, car ces dernières sont massées en îlots, grumeaux ou fuseaux, et ne sont pas apparentes dans les conditions qui font ressortir les autres granulations, isolées, disséminées et entourées d'ordinaire ou souvent d'une aréole claire. Ces dernières présentent les mêmes caractères essentiels qu'on constate aux granulations chromatiques dans d'autres espèces cellulaires et ne sont nullement propres aux cellules nerveuses. Et pour ce qui concerne la provenance de ces granulations dans les cellules nerveuses, on ne voit pas comment on pourrait lui appliquer les interprétations qui ont été envisagées de plus près à propos d'autres espèces cellulaires.

Pour ce qui concerne les granulations chromatiques qu'on rencontre dans les cellules *interstitielles* de l'ovaire, il n'y a pas, à ma

connaissance du moins, de travaux à enregistrer. Dans les cellules interstitielles du testicule du lapin, v. Lenhossék (1899) a signalé la présence des centrosomes géminés (en forme de diplosome); l'observation se rapporte à des préparations obtenues à la suite de la fixation par le sublimé et la coloration à l'hématoxyline d'après Heidenhain (suivie de coloration à l'éosine ou à l'érythrosine). Les centrosomes étaient entourés d'une aréole hyaline que v. Lenhossék désigne sous le nom de « sphère », tout en constatant à ce propos qu'il n'a jamais pu reconnaître à cette sphère de structure rayonnée. L'auteur ne fait pas mention de la présence dans ces cellules d'autres granulations colorables. Il est permis de faire quelque réserve par rapport à l'interprétation de ladite aréole claire comme d'une « sphère », vu le manque de caractères suffisamment probants, car les aréoles hyalines qu'on voit autour d'un grand nombre de granulations chromatiques dans d'autres cellules pourraient, à ce titre, être envisagées comme des sphères et les granulations elles-mêmes comme des centrosomes.

Nous avons vu que dans les cellules interstitielles de l'ovaire de la chatte, on constate, entre autres, des granulations chromatiques simples (non géminées) et pouvant atteindre des dimensions relativement assez considérables; si l'on voulait interpréter ces dernières granulations comme des centrosomes, on tomberait dans l'arbitraire, car elles n'ont pas les caractères qu'on s'accorde à attribuer aux centrosomes; elles se rapprochent beaucoup plus des granulations chromatiques qu'on constate, par exemple, dans les spermatogonies de la grenouille (fig. 7 à 10).

Pour ce qui concerne les granulations chromatiques qu'on constate dans les cellules de la *moelle osseuse* de la grenouille, on serait tenté de considérer les granulations géminées représentées dans la figure 23 comme des centrosomes, vu qu'il n'est pas à méconnaître qu'il y a une ressemblance assez grande entre la disposition de ces granulations entourées d'une aréole hyaline bien circonscrite, et les granulations décrites comme centrosomes dans d'autres cellules par les auteurs. Pour ce qui concerne les cellules d'origine conjonctive en particulier, citons les observations de Flemming (1891) relatives aux cellules endothéliales ou conjonctives du péritoine de la salamandre; celles de Heidenhain (1891) relatives aux leucocytes et aux cellules géantes de la moelle et celles de Spuler (1896) relatives aux cellules conjonctives des

fœtus d'homme et de mammifères. Flemming décrit des centrosomes géminés très fins qui se décolorent rapidement par le lavage à l'alcool (fixation par des mélanges à l'acide osmique, coloration à la safranine, violet de gentiane et l'orange); parfois ils étaient entourés d'une aréole claire, mais une sphère à structure rayonnée n'était pas à reconnaître.

La figure du travail de Spuler, représentant le centrosome d'une cellule conjonctive d'un fœtus d'homme, ressemble également à notre figure 23; on y voit deux granules très peu éloignés l'un de l'autre et entourés d'un espace hyalin.

Heidenhain (2°, 1894) constate, à propos des globules lymphatiques, des cellules médullaires et géantes, que ces cellules peuvent renfermer plusieurs centrosomes et de dimensions différentes. Les cellules géantes, en particulier, peuvent en contenir un nombre encore beaucoup plus considérable et formant des groupes (groupe principal, groupes accessoires). Les corpuscules centraux ont la faculté de s'accroître et de se multiplier par bourgeonnement. Les observations de Heidenhain se rapportent aux préparations colorées à l'hématoxyline ferrique ou au mélange triacide de Biondi, de sorte qu'il reste à savoir comment se comporteraient lesdits corpuscules centraux à la suite de la fixation par le mélange de Flemming et la coloration à la safranine. Notre figure 24 pourrait être interprétée dans le sens de Heidenhain, de sorte que les deux groupes parallèles de granules entourés d'une aréole claire correspondraient à un « microcentre ». La disposition des granulations chromatiques dans notre figure 25 rend cette interprétation beaucoup plus hypothétique, vu l'agencement plutôt dispersé de granules; la délimitation de l'aréole hyaline entourant les trois granules plus serrés est aussi moins nette que dans la cellule représentée dans la figure 24. Nous savons, d'autre part, qu'on constate dans d'autres cellules des granulations chromatiques analogues et qui ne sont certainement pas des centrosomes. L'interprétation des granulations chromatiques, représentées dans cette dernière figure comme des centrosomes, serait donc en tout cas hypothétique, vu l'absence des caractères précis et probants en faveur de cette interprétation. Il faudrait, pour l'admettre, pouvoir suivre la transformation de cet îlot en une sphère rayonnée et pourvue de corpuscules centraux. Heidenhain paraît, du reste, ignorer le fait *général* qu'on peut rencontrer des granulations chromatiques plus ou

moins fines dans différentes cellules de l'économie, et ne discute même pas cette éventualité pour les granulations chromatiques disséminées qu'il décrit lui-même.

Citons encore les observations de Rabl relatives aux corps paranucléaires qu'il a constatés dans les cellules des divers tissus chez une larve de salamande tachetée, bien que, comme le remarque expressément l'auteur, il soit question d'un cas plutôt exceptionnel, car il n'a pu vérifier ses constatations sur d'autres larves de la même espèce animale. Les noyaux des cellules, dans divers tissus, présentaient une abondance particulière de formes lobées et de divisions apparemment amitotiques. L'auteur présume que l'animal devait se trouver dans un état défectueux de nutrition peut-être à la suite d'une maladie parasitaire. Les cellules de l'épiderme, de Leydig, de la gaine chordale, les cellules cartilagineuses contenaient des corps paranucléaires qui fixaient des matières colorantes nucléaires. L'auteur n'établit pas de subdivisions entre ces corps paranucléaires, bien qu'ils présentassent des différences notables de dimensions; il s'agissait tantôt de petits granules, tantôt de corps à peine plus petits que le noyau cellulaire. Ces corps paranucléaires dériveraient, d'après Rabl, des noyaux des cellules par bourgeonnement.

Il nous reste encore, en terminant cet aperçu critique, à faire ressortir le fait qu'on ne trouve absolument pas de notions relatives aux granulations chromatiques ou nucléoïdes dans la seconde édition de la monographie d'Altmann sur les granula (1890). Sa méthode de recherche ne se prête d'ailleurs pas à leur démonstration. Que les granula décrits par Altmann ne sauraient en aucune façon correspondre à nos granulations chromatiques, cela ressort clairement de la comparaison de nos figures (pour ce qui concerne l'ovule, j'ai représenté les granulations chromatiques déjà en 1888 et 1889). Ainsi à la planche XI, figure 2, Altmann représente une cellule nerveuse ganglionnaire de la grenouille renfermant une multitude de fines granulations *très serrées* et infiltrant presque tout le corps cellulaire, sauf sa région externe. Tout autre est l'agencement des granulations vraiment chromatiques dans nos préparations. La même conclusion s'applique aussi aux constatations d'Altmann par rapport aux granula dans les glandes salivaires en particulier. Altmann paraît ignorer complètement les granulations vraiment chromatiques ou nucléoïdes.

En comparant, de même, nos figures avec celles données par les frères L. et R. Zoja (1891), d'après la méthode d'Altmann, il est facile d'acquérir la conviction qu'il ne peut s'agir de la même catégorie des granules. Dans la figure 16 de la planche IX de ce mémoire, on trouve représentés les granula fuchsinophiles dans l'ovule du cobaye. Lors même que nos figures se rapportent aux ovules de la chatte, la différence de la disposition des granula qui viennent d'être mentionnés et de nos granulations chromatiques est des plus accusées. Les granula de Zoja, relativement très nombreux, sont agencés par places d'une manière serrée, alors que nos granulations chromatiques sont relativement très peu nombreuses à une mise déterminée du foyer et ne forment nulle part d'agglomérations serrées. La méthode de coloration d'Altmann et Zoja ne pouvant faire ressortir que les granulations plasmatiques et non pas nucléoïdes, la vésicule germinative apparaît comme totalement incolore et exempte de granulations colorées, alors que nos préparations montrent à la fois les parties nucléiniennes du noyau et les granulations chromatiques du protoplasma.

Il existe donc, en définitive, une différence essentielle entre les granulations plasmatiques et les granulations chromatiques, soit au point de vue de leurs propriétés, soit au point de vue de leur agencement, et cela dans la même espèce cellulaire.

Il nous reste maintenant à envisager le fait de l'existence dans diverses cellules de l'économie d'une catégorie distincte de granulations chromatiques à un autre point de vue, et notamment plus général; car les interprétations qui viennent d'être passées en revue (formation du noyau vitellin et des centrosomes, réduction caryogamique, maturation de l'œuf, formation des granulations de zymogène) ne s'appliquent qu'à une catégorie déterminée de cellules ou à une certaine catégorie de granulations.

Nous avons vu que toutes ces interprétations se basent sur l'*élimination* du noyau des parties chromatiques, soit des caryosomes chromatiques, soit des nucléoles, que cette élimination se fasse par des pores dans la membrane nucléaire, ou par une espèce de bourgeonnement nucléaire, ou encore par une liquéfaction préalable de la matière chromatique.

Pour ce qui concerne l'émigration du nucléole, j'ai également apporté quelques arguments en faveur de la possibilité de cette émigration en me basant sur des constatations faites sur l'ovaire

des chattes âgées de un à deux jours, à la suite de la fixation par le mélange de Flemming et la coloration à la safranine; les coupes ont été faites à la suite de l'inclusion dans la paraffine. Tout en admettant la possibilité de la formation des images artificielles dues au déplacement de certaines parties nucléaires par suite de la pression exercée par le rasoir, je fus conduit à admettre l'émigration réelle du nucléole, vu qu'on rencontre des images auxquelles cette objection n'est pas applicable, où de plus le nucléole présente des irrégularités de forme laissant conclure à un état d'amiboïsme (comp. ma communication 1888, fig. 6 *b*).

Les images que j'ai vues me semblent être plus convaincantes que celles représentées par ver Ecke et Mertens, entre autres, qui considèrent néanmoins cette émigration comme certaine. Quant à mettre en rapport cette émigration ou expulsion du nucléole avec la formation des granulations chromatiques qui nous occupent, c'est une autre question. Sans vouloir mettre en doute cette possibilité, je dois dire cependant que je n'ai pas rencontré dans mes préparations d'images suffisamment probantes à cet égard et permettant de suivre les phases successives de cette transformation. Je n'ai pas rencontré non plus aux ovules de mammifères d'image analogues à celles représentées par van Bambeke aux œufs de poissons, et permettant de conclure à l'élimination de quelque importance des parties ou granulations chromatiques (abstraction faite du nucléole) en forme de flammes, de larmes ou lames conjuguées, ni des granulations de quelque grosseur situées en partie en dedans, en partie en dehors du contour nucléaire. Je ne trouve pas, en définitive, dans mes préparations de documents suffisamment probants et permettant d'expliquer la formation des granulations chromatiques qui nous occupent aux dépens des parties chromatiques éliminées du noyau. Sans vouloir nier ce processus décrit, comme nous l'avons vu, par nombre d'auteurs, je n'ai pas été assez heureux pour le constater d'une manière irréfutable.

Il y a, en revanche, dans mes préparations un certain nombre d'images permettant de conclure à un phénomène inverse, c'est-à-dire à la provenance des granulations chromatiques de l'extérieur et leur acheminement vers le noyau. Nous avons vu, et cela assez souvent, que lorsqu'un granule chromatique est situé tout près du contour nucléaire, une dépression (et non pas une éminence) se dessine au contour nucléaire, constatation évidemment beaucoup

plus en harmonie avec l'acheminement des granulations du côté du noyau que dans un sens inverse. Nous avons rencontré aussi, il est vrai, et notamment dans la glande juxta-parotidienne, des granules chromatiques accolés à une petite excroissance conique du noyau; mais même les constatations de ce genre, alors que la granulation elle-même est située du côté extérieur du cône nucléaire, sont sujettes à une autre interprétation. On pourrait admettre qu'il s'agit dans ce cas de formation d'une excroissance nucléaire ayant pour but l'incorporation du granule accolé. L'étude des préparations de cellules nerveuses ganglionnaires (liq. de Flemming, safranine, extraction modérée de la matière colorante, fig. 22) démontre que les granulations sont particulièrement nombreuses dans les couches cellulaires externes et que leur nombre diminue dans la couche endoplasmisque. Si ces granulations étaient d'origine nucléaire, on devrait constater un agencement plutôt inverse; mais il n'y a nulle nécessité, il est vrai, d'admettre l'origine nucléaire de ces granulations; elles pourraient se former sur place dans le corps cellulaire, ou le revêtement cellulaire doublant l'enveloppe pourrait également contribuer à leur formation. Des granulations chromatiques se colorant vivement et résistant à la coloration peuvent se trouver dans la couche la plus périphérique des cellules, comme on le constate, par exemple, dans les cellules interstitielles de l'ovaire ou dans l'épithélium de la glande juxta-parotidienne, alors que, dans ce dernier cas, les granulations ne sauraient être considérées comme de la substance zymogène. Quelle raison impérieuse y aurait-il pour admettre que ces granulations dérivent du noyau par élimination, alors que, comme nous le verrons dans la suite, il y a des motifs pour admettre leur origine extra-cellulaire?

Envisageons maintenant nos granulations chromatiques à un point de vue plus général et que nous avons déjà émis antérieurement, à savoir, que ces granulations pourraient jouer un rôle dans l'échange de la matière ayant lieu entre le protoplasme et le noyau. On conçoit, en effet, difficilement que le noyau, étant séparé du milieu ambiant par le corps cellulaire, puisse trouver en soi-même les substances nécessaires à son accroissement. Si cet accroissement n'est pas très sensible dans les cellules de petites dimensions, il en est autrement, par exemple, dans les cellules ovulaires. La différence de volume qu'on constate au noyau d'une cellule très jeune faisant partie des cordons ovulaires et d'un ovule avancé

dans son développement est trop sensible pour qu'on puisse admettre seulement une différence de *répartition* de la matière chromatique; il y a manifestement aussi augmentation de masse de la matière nucléaire, et ce surcroît doit provenir de quelque part. On pourrait concevoir deux modes différents d'apport de substances nucléaires. Ou ces substances seraient transmises par le protoplasme au noyau à l'état liquéfié, lesquelles substances ou serviraient à l'accroissement des granulations nucléaires existantes ou se transformeraient en granulations chromatiques de nouvelle formation. Nous avons vu précédemment que Meves par exemple admet un processus inverse, c'est-à-dire l'élimination des parties nucléaires préalablement liquéfiées, leur diffusion à travers la membrane nucléaire et leur reconstitution subséquente en forme de grains dans le corps cellulaire. Plusieurs histologistes ont attribué aux granulations nucléaires des propriétés fonctionnelles actives comprenant les fonctions d'ordre nutritif et d'ordre ayant trait à l'excitabilité et la contractilité. Pour Altmann, en particulier, les « granula » du noyau comme du protoplasma sont, comme on sait, des organismes élémentaires. Heidenhain attribue aux centrosomes la faculté de bourgeonner et de se multiplier. L'augmentation de masse de la substance nucléaire, si manifeste au noyau de certaines cellules selon les stades de leur développement, pourrait donc s'expliquer d'une manière assez plausible, et n'étant pas en contradiction avec les idées sinon régnantes du moins admises par nombre d'histologistes, par le raisonnement qui précède.

Mais on peut aussi concevoir une autre possibilité d'accroissement nucléaire, et notamment aux dépens des granulations chromatiques se trouvant dans le protoplasme et incorporées par le noyau. Les images représentées dans les figures 1 à 5 paraissent parler en faveur de cette possibilité. Le contour nucléaire est comme parsemé à l'extérieur, par places, de granulations; des granulations analogues sont accolées au contour nucléaire du côté intérieur; là où un granule plus volumineux s'approche du contour nucléaire, ce dernier peut être déprimé; des granulations qui touchent au contour nucléaire par une base élargie; ces constatations objectives paraissent corroborer l'apport au noyau des granulations chromatiques à partir du corps cellulaire.

Pour ce qui concerne maintenant la formation des granulations chromatiques dans le corps cellulaire (en laissant de côté l'idée de

l'élimination du noyau, question déjà discutée précédemment), deux possibilités se présentent. Ces granulations pourraient se former par suite de l'activité propre du protoplasme aux dépens des matériaux fournis par le sang à l'état liquéfié. On connaît suffisamment d'exemples de granulations ou de substances, soit ternaires, soit quaternaires, se formant dans le protoplasme, telles la substance glycogène par la cellule hépatique, des gouttelettes graisseuses par tant d'autres cellules, l'hémoglobine par l'hématie, la lécithine et la nucléine par l'ovule, et les granulations chromatiques rentrent d'après ce qu'on admet généralement, dans le groupe des nucléines. Ce mode de formation échappe naturellement à l'investigation histologique qui ne nous montre que le fait accompli et non pas le processus physico-chimique lui-même.

Mais les granulations chromatiques du protoplasme pourraient encore avoir une autre origine, comme certains faits tendent à l'établir. Ces granulations pourraient se former aux dépens d'autres cellules pénétrées de dehors et ayant subi la destruction subséquente. C'est un fait suffisamment établi que les globules lymphatiques peuvent pénétrer dans l'intérieur des revêtements épithéliaux. Nous avons décrit nous-mêmes la pénétration des globules lymphatiques dans les cordons ovulaires à une autre occasion (compar. 2, 1889). Ces globules peuvent aussi pénétrer dans les tubes ou alvéoles glandulaires. La glande juxta-parotidienne du rat blanc en offre un exemple, comme nous l'avons exposé dans la partie descriptive. Des constatations du même genre peuvent être faites aux traînées des cellules interstitielles de l'ovaire de la chatte.

Quel pourrait être le rôle de ces globules lymphatiques immigrés ou incorporés par les cellules des organes parenchymateux, pour ne nous tenir qu'à ces organes et en laissant de côté les épithéliums de revêtement?

En suivant la tendance actuelle plus généralement représentée, on penserait au rôle phagocytaire de ces cellules. Mais sans vouloir exclure cette possibilité, on pourrait aussi penser à une autre : Les globules lymphatiques incorporés par d'autres cellules pourraient, en se détruisant, fournir à ces dernières un apport de matières nucléaires et plasmatiques. Ces deux possibilités ne s'excluent du reste pas. Mais ce que je cherche à établir, c'est que dans nombre de cas il ne s'agit pas de phagocytose, mais d'un phénomène inverse, c'est-à-dire d'incorporation des globules lymphatiques par d'autres

cellules. On rencontre dans les alvéoles de la glande juxta-parotidienne des images très probantes à cet égard. On le constate notamment dans les alvéoles renfermant des cellules glandulaires volumineuses, à noyau également volumineux, simple ou double, ou encore à configuration irrégulière. Sur ces grandes cellules, on peut s'assurer d'une manière plus certaine de cette incorporation des globules lymphatiques, vu les différences de volume très sensibles des cellules respectives, vu aussi le fait qu'on ne constate aux cellules glandulaires incorporant les globules lymphatiques ni altération du protoplasme, ni altération du noyau; bien au contraire, les cellules sont dans un état plutôt hypertrophique et les noyaux se distinguent à la fois par leur volume et la richesse en matières chromatiques et en nucléoles. Cet accroissement particulier des cellules glandulaires dans nombre d'alvéoles dénote un échange actif de la matière s'effectuant dans les cellules, et doit être en relation avec un apport plus abondant des substances nécessaires à ce surcroît d'activité plasmatique. Les globules lymphatiques incorporés pourraient fournir un apport de matières nucléaires (et plasmatiques) à ces cellules, soit que les noyaux de ces globules subissent seulement la désagrégation et la division en granules, soit la destruction (ou la dissolution) complète; dans ce dernier cas le protoplasme élaborerait aux dépens de ces matériaux les granulations chromatiques nucléaires visibles dans le corps cellulaire. Les constatations purement morphologiques exposées plus haut s'harmonisent très bien avec l'interprétation que nous venons d'en donner. On constate des globules lymphatiques en contact avec le corps des cellules épithéliales à la limite externe des alvéoles, ou à l'intérieur, situés dans de petits espaces dilatés et communiquant avec les canalicules ou fentes intercellulaires; on constate ces globules situés dans des encoches du corps cellulaire; on reconnaît enfin dans l'intérieur des cellules glandulaires, non loin de la périphérie, des corps colorés ressemblant beaucoup d'après leur aspect et la colorabilité aux noyaux des globules lymphatiques; l'incorporation ou l'immigration de ces globules ne saurait donc être mise en doute. On trouve, d'autre part, des grains ou granulations chromatiques situés très périphériquement ou à la limite entre deux cellules (fig. 13 et 15), granulations entourées d'espace clair, comme il en existe aussi autour des noyaux des globules lymphatiques en voie d'immigration (ou d'incorporation), et qui se distinguent par une certaine irrégularité

de configuration et dénotant un état d'amiboïsme ; on trouve aussi de ces granulations étirées, géminées ou se composant de quelques parties accolées. Telles sont les constatations objectives. N'est-il pas beaucoup plus naturel de faire dériver ces granulations réagissant comme de la matière nucléaire des noyaux des globules lymphatiques incorporés que, par l'élimination, des noyaux des cellules glandulaires elles-mêmes? Toutes ces constatations réunies — l'hypertrophie considérable des cellules glandulaires et de leurs noyaux, le surcroît apparent de la matière nucléaire chromatique, la présence dans les cellules des granulations chromatiques, leur situation souvent très périphérique, leur configuration parfois irrégulière, le fait ensuite d'incorporation des globules lymphatiques — semblent s'harmoniser entre elles et appuyer la manière de voir qui vient d'être exposée par rapport au rôle et au sort subséquent des globules lymphatiques immigrés ou incorporés.

Nous aurions ainsi affaire à une autre fonction des globules lymphatiques en rapport intime avec l'organisation plastique et la nutrition cellulaire.

Pour ce qui concerne les cellules nerveuses entourées d'une gaine doublée d'un revêtement cellulaire, ces dernières cellules pourraient contribuer à fournir à la cellule nerveuse les matériaux servant à l'échange de la matière, ce qui serait en harmonie avec le fait que c'est précisément dans la zone externe de la cellule nerveuse ganglionnaire qu'on constate des granulations particulièrement nombreuses infiltrant le protoplasme; rappelons encore une fois, pour éviter des malentendus, qu'il ne s'agit pas de granulations vraiment chromatiques (nucléaires), mais de granulations safranophiles qui se décolorent plus rapidement que les granulations chromatiques proprement dites. Le protoplasme de la cellule nerveuse pourrait ensuite élaborer à leurs dépens des granulations chromatiques destinées à être transmises au noyau. Le revêtement cellulaire de l'enveloppe pourrait de cette façon servir d'intermédiaire entre le milieu ambiant et la cellule nerveuse.

Conclusions.

On constate dans diverses espèces cellulaires, soit d'origine épithéliale, soit d'origine conjonctive, une catégorie de granula-

tions qui fixent les colorants nucléaires et qu'on pourrait appeler pour cette raison chromatiques ou nucléoïdes.

Ces granulations sont généralement trop fines pour qu'on puisse indiquer leur diamètre; on rencontre cependant aussi des granulations de ce genre plus épaisses (p. ex. de 1 à 1,5 μ et même au delà); elles n'ont pas de situation fixe dans le corps cellulaire et peuvent se trouver au voisinage immédiat du contour nucléaire, dans la couche endo- méso- ou exoplasmique; leur nombre est d'ordinaire réduit, parfois même unique dans la cellule normale.

Le plus souvent, ces granulations sont disséminées ou isolées, mais elles peuvent aussi être associées par deux (voire même par trois) à la manière de diplosomes; les granulations composantes peuvent avoir des dimensions inégales.

Elles sont d'ordinaire de forme arrondie, mais elles peuvent être aussi étirées ou en forme de virgule, plus rarement de forme irrégulière; elles sont généralement entourées d'une aréole plus hyaline que le protoplasme ambiant; on rencontre cependant des granulations, et notamment particulièrement fines, autour desquelles cette aréole n'est pas reconnaissable.

Certaines parmi les granulations chromatiques, et en particulier les géminées et entourées d'une aréole homogène bien délimitée, ressemblent beaucoup aux corps décrits comme centrosomes; même en admettant cette interprétation pour quelques-unes d'entre elles, il est certain que la plupart de ces granulations chromatiques n'entrent pas dans la catégorie des centrosomes, et si l'on voulait les envisager toutes comme des centrosomes, la définition de ces corps deviendrait tout à fait vague.

Les granulations chromatiques dont il est question ici ne sont pas à confondre avec le corps qui porte le nom de noyau vitellin, ni avec les granulations décrites dans son intérieur.

Les granulations chromatiques ne sont pas liées nécessairement au phénomène de la maturation, vu qu'on les constate non seulement dans l'ovule, mais aussi dans d'autres espèces cellulaires. Dans l'ovule lui-même, la présence de ces granulations ne dépend pas de la maturation, vu qu'on les constate aussi dans les ovules très jeunes, aux stades beaucoup plus précoces; leur présence caractérise plutôt le stade de l'accroissement de l'ovule.

Ces granulations se rencontrent en particulier dans les cellules dont le noyau est sujet à la polymorphie, ou encore dans les cel-

lules entourées d'une couche cellulaire de recouvrement (épithélium folliculaire; revêtement sous-vaginal des cellules ganglionnaires).

La présence des granulations chromatiques dans l'épithélium de certaines glandes est liée à un état de prolifération cellulaire et nucléaire, alors qu'on constate dans les cellules des figures caryocinétiques et des noyaux particulièrement volumineux ou polymorphes.

Il est à présumer, par conséquent, que la présence de ces granulations est liée soit à la formation de la charpente chromatique nucléaire, soit à l'accroissement du noyau, ou à un surcroît de son activité, et dénote un état d'échange plus actif de la matière entre le protoplasme et le noyau, le protoplasme fournissant à ce dernier les matières chromatiques nécessaires à son accroissement.

L'origine des granulations chromatiques peut être due pour une certaine part à la désorganisation des globules lymphatiques incorporés ou immigrés; il s'agirait ainsi d'une autre fonction des globules incolores du sang ou lymphatiques, consistant à fournir à d'autres cellules un apport de substances nucléaires et plasmatiques. Ce processus rendrait encore plus palpable, au point de vue morphologique, l'influence de la composition du sang sur les cellules.

Dans les cellules entourées de cellules recouvrantes, ces dernières pourraient intervenir, ne fût-ce qu'indirectement, dans la formation des granulations chromatiques, bien qu'on ait décrit un phénomène inverse, c'est-à-dire formation des cellules pariétales aux dépens des parties nucléaires du noyau de la cellule centrale.

Bien que les constatations relatées dans ce travail s'accordent mieux avec l'hypothèse de l'acheminement des granulations nucléaires chromatiques vers le noyau, nous n'entendons pas nier par là l'existence d'un phénomène inverse, c'est-à-dire de l'élimination des parties nucléaires.

Explication de la planche VII.

Figures 1 à 5. — Ovules faisant partie des follicules primordiaux (jeune chatte). L'épithélium folliculaire est représenté par une couche de cellules tout à fait aplaties, sauf en quelques endroits où il devient cubique. Mélange de Flemming, safranine et violet de gentiane Gross.

lin. 370. Les granulations chromatiques du protoplasme sont représentées en noir.

Fig. 6. — Ovule en voie de division caryocinétique et faisant partie des cordons ovulaires; stade du dyaster. Chatte âgée de quelques jours. Mélange de Flemming, safranine, alcool acidulé. Granulations chromatiques disséminées dans le corps cellulaire; entre autres, des granulations géminées entourées d'aréole claire.

Figures 7 à 10. — Cellules (spermatogonies) du testicule de la grenouille. Fixation et coloration comme pour la fig. 6. Object. 1/12 imm. homog. Seibert. Ocul. II. Chambre claire Abbe. Les granulations chromatiques du protoplasme, colorées en rouge dans les préparations, sont représentées en noir. Quelques-unes des granulations se composent de deux granules accolés. Fig. 7. Variété de noyau sans filaments nucléaires apparents.

Fig. 11. — Grande cellule à noyau irrégulier du testicule de la salamandre tachetée. Même mode de fixation, coloration à la safranine; alcool; ess. de girofle. Object. VII, immers. à eau Seib. Ocul. 0.

Les figures 12 à 15 se rapportent à la glande juxta-parotidienne (ou orbitaire externe) du rat blanc. Mélange de Zenker, hémalun et éosine.

g. l. Globule lymphatique entre les cellules glandulaires; à droite une granulation chromatique dans l'intérieur d'une cellule glandulaire; *f. p.*, fibrilles protoplasmiques; *f. i.*, fentes intercellulaires; *c.*, espace plus clair en forme de canalicule laissant voir à l'intérieur des prolongements qui paraissent se perdre dans le corps cellulaire. Object. VII immers. à eau. Seib. Ocul. 0.

Fig. 13. — Grande cellule à noyaux accolés; peut-être aussi deux cellules intimement accolées et ne laissant pas reconnaître avec certitude la limite intercellulaire; *gr. chr.*, granulations chromatiques de forme irrégulière ou géminée, entourées d'un espace clair; *f. p.*, comme dans la figure précédente.

Fig. 14. — *g. l.*, globule lymphatique dans la région externe d'une cellule glandulaire; le noyau du globule ne paraît pas être altéré; autour du noyau un espace clair; *c. e.*, canalicule excréteur.

Fig. 15. — *gr. chr.*, petit amas de grains chromatiques en partie tassés, en partie isolés, entre les cellules glandulaires, au niveau des fentes intercellulaires; *c. s.*, capillaires sanguins.

Figures 16 à 20. — Granulations chromatiques dans les cellules nterstitielles de l'ovaire. Chatte. Mélange de Flemming; safranine; alcool acidulé; ess. de térébenthine; baume. Fig. 16-18. Object. imm. à eau 7. Seib. Oc. II; Fig. 19-20; même objectif, Oc. I. Les cellules représentées dans ces deux dernières figures laissent reconnaître une structure aréolaire (particulièrement accusée dans la cellule fig. 20), ce qui tient au fait qu'il s'agit de cellules plus développées et plus infiltrées de gouttelettes graisseuses; ces gouttelettes ont été dissoutes par l'essence de térébenthine.

Fig. 21. — Cellule d'un ganglion rachidien du chat. Mélange d'Erlicki;

picrocarmin. A l'intérieur du corps cellulaire des granulations colorées en rouge par le réactif.

Fig. 22. — Cellule d'un ganglion de Gasser de Chat. Mélange de Flemming; safranine; décoloration partielle par l'essence de girofle; les granulations safranophiles sont représentées en noir. Object. VII, immers. à eau. Oc. 0.

Les *figures 23 à 25* se rapportent aux cellules de la moelle osseuse de la grenouille, les préparations ont été obtenues par la méthode décrite dans le texte. Mélange de Flemming; safranine; baume. Object. XII, imm. homogène Seib, Oc. III.

Fig. 23. — Cellule étirée renfermant à l'une des extrémités deux granules chromatiques presque accolés et entourés d'une aréole hyaline; le corpuscule ressemble à un centrosome.

Fig. 24. — Cellule irrégulièrement arrondie renfermant un noyau bosselé et lobé; de plus, un groupe de granulations chromatiques rangées en deux séries, renfermant chacune deux granulations et entourées d'une aréole hyaline.

Fig. 25. — Cellule à trois noyaux réguliers; de plus, quatre granulations chromatiques dont trois, plus rapprochées, sont entourées d'un espace plus clair commun.

Travaux cités.

ALTMANN. — *Die Elementarorganismen* 2. Auflage, 1890.

BALBIANI. — Centrosome et Dotterkern, *Journ. de l'Anat. et de la Physiol.*, 1893.

Van BAMBEKE. — Contrib. à l'histoire de la constitution de l'œuf, *Arch. de Biologie*, XIII, 1895.

Ver ECKE. — *Arch. de Biologie*, XIII.

FLEMMING. — 1° Attraktionssphären und Centralkörper in Gewebszellen und Wanderzellen, *Anatom. Anzeiger*, VI, 1891.

— 2° Ueber den Bau der Spinalganglienzellen, *Arch. f. mikr. Anat.*, 46, 1895.

GARNIER. — De quelques détails cytologiques concernant les éléments séreux des glandes salivaires du rat, *Bibliogr. anatom.*, VII, 1899.

HEIDENHAIN A. — 1° Ueber die Centralkörperchen und Attraktionssphären der Zellen, *Anat. Anzeiger*, VI, 1891.

— 2° Neue Untersuch. u. d. Centralkörper u. s. w., *Arch. f. mik. Anat.*, 43, 1894.

HENNEGUY. — Le corps vitellin de Balbiani dans l'œuf de vertébrés, *Journ. de l'Anat. et de la Physiol.*, 1893.

HENRY. — Phénomènes sécrétoires dans l'épidyme des mammifères, *Bibliogr. anatomique*, 1898.

HERMANN. — Beiträge z. Histolog. des Hodens, *Arch. f. mik Anatomie*, 34, 1889.

HERTWIG, RICH. — Handb. d. vergl. u. experim. Entwick. d. Wirbeltiere, herausg. v. Oscar Hertwig. Fascicules X et XI, p. 562-563.

HOLL. — Ueber die menschl. Eizelle, *Anat. Anzeiger*, VI, 1891.

D'HOLLANDER. — 1° Le noyau vitellin de Balbiani, etc., *Verhandl. d. Anat. Gesellschaft*, Halle, 1902.

— 2° Les pseudo-chromosomes dans les oogonies et les oocytes des oiseaux, *Bibl. anatomique*, 1904.

LA VALETTE ST-GEORGE. — Zwitterbildung beim kleinen Wassermolch, *Arch f. mik. Anat.*, 45, 1895.

Von Lenhossék. — 1° Centrosom und Sphäre in den Spinalganglienzellen des Frosches, *Arch. f. mik. Anatomie*, 1895.

— 2° Ueber die Centralkörper in den Zwischenzellen des Hodens, *Bibl. anatomique*, 1899.

Leydig. — Beiträge z. Kenntniss des thierischen Eies. Zoolog. Jahrbücher, *Abt. für Anatomie*, III, 1889.

Lœwenthal N. — 1° Zur Kenntniss d. Keimfleckes im Ureie einiger Saüger, *Anat. Anzeiger*, III, 1888.

— 2° Ueber die Rückbildung der Eizellen u. s. w. Intern. *Monatschr. f. Anatomie*, 1889.

— 3° Die Befruchtung, Reifung und Teilung des Eies von Oxyuris ambigua, *Ibid.*, 1890.

— 4° Drüsenstudien, *Arch. f. mikr. Anatomie*, 56, 1900.

— 5° *La Cellule et les Tissus au point de vue général*, 1901.

— 6° *Atlas z. vergl. Histologie der Wirbeltiere*, 1905.

Mertens. — Recherches sur la signification du corps vitellin de Balbiani, *Arch. de Biologie*, XIII, 1895.

Meves. — 1° Ueber amitotische Kernteilung in den Spermatogonien des Salamanders u. s. w., *Anat. Anzeiger*, VI, 1891.

— 2° Ueber eine Metamorphose der Attraktionssphäre in den Spermatogonien von Salam. mac., *Arch. f. mik. Anatomie*, 44, 1894.

Nussbaum. — Zur Differenzierung des Geschlechtes im Tierreich, *Arch. f. mik. Anat.*, 18, 1880.

Pugnat. — La Biologie de la Cellule nerveuse, *Bibliogr. anatomique*, 1901.

Rabl. — Ueber das Vorkommen von Nebenkernen in den Gewebszellen der Salamanderlarwen, *Arch. f. mik. Anatomie*, 45, 1895.

Schottländer. — Ueber den Graafschen Follikel, seine Entstehung beim Menschen u. s. w., *Arch. mik. Anatomie*, 41, 1893.

Schmidt. — Onderzockingen betreffende het ovarium der Selachii, *Dissertation Leyde*, 1898.

Van der Stricht. — 1° *Verhandl. Anatom. Gesellsch.*, Gœttingen, 1893, p. 125 discussion à propos de la communication de Holl.

— 2° Contribution à l'étude du noyau vitellin de Balbiani dans l'oocyte de la femme, *Verhandl. d. Anat. Gesell.*, Kiel, 1898.

Von Winiwarter. — Nachtrag zu meiner Arbeit über Oogenese der Saügetiere, *Anat. Anzeiger*, 21, 1902.

Zoja L. et R. — Intorno ai plastiduli fucsinofili, *Memorie del R. Instituto Lombardo di Sc. e. Lettere*, vol. XVI, 1891.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ANATOMIQUE

DES MONSTRES HYPSILOÏDES

C'EST-A-DIRE EN FORME D'Y (TÉRATODYMES DE MATHIAS DUVAL),

ET DES MONSTRES XIOÏDES

C'EST-A-DIRE EN FORME D'X

PAR MM.

LESBRE et **FORGEOT**

Professeur — Chef de travaux

à l'École vétérinaire de Lyon.

A. — Monstres hypsiloïdes.

Les monstres hypsiloïdes, doubles supérieurement, simples inférieurement, forment, dans la classification d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire, les deux familles des *Sysomiens* et des *Monosomiens*, caractérisées respectivement par un corps plus ou moins double ou au contraire tout à fait simple. L'une et l'autre comprennent trois genres ainsi qu'il est indiqué dans le tableau ci-dessous, emprunté au *Traité de tératologie*.

Sysomiens	*Psodyme.* — 2 corps distincts supérieurement dès la région lombaire; 2 thorax complets et séparés; deux membres pelviens, quelquefois les rudiments d'un 3e.
	Xiphodyme. — 2 corps distincts supérieurement; thorax confondus inférieurement, séparés supérieurement; 2 membres pelviens, quelquefois les rudiments d'un 3e.
	Dérodyme. — Corps unique, à une seule poitrine dont le sternum est opposé à 2 colonnes vertébrales; 2 cous; membres thoraciques, aussi bien que membres pelviens, au nombre de 2, quelquefois avec les rudiments d'un 3e.
Monosomiens	*Atlodyme.* — Un seul corps; 2 têtes séparées, mais contiguës, portées sur un col unique.
	Iniodyme. — Un seul corps; 2 têtes réunies en arrière par le côté.
	Opodyme. — Un seul corps; tête unique en arrière mais se séparant en 2 faces distinctes à partir de la région oculaire.

Depuis la mort de l'illustre fondateur de la tératologie, il a été publié un grand nombre d'observations sur ces monstres; nous en avons nous-mêmes recueilli beaucoup. Le moment est venu de compléter et même de reviser l'œuvre du maître, ainsi que nous nous proposons de le faire dans ce travail, en nous bornant toutefois à l'étude des monstres développés — laissant aux embryologistes la tâche délicate de remonter à leur origine et d'en trouver le déterminisme.

Nous passerons successivement en revue tous les termes de cette série tératologique en partant des monstres ischiopages qui en sont pour ainsi dire la souche et comme le point de départ.

I

Soit en effet un ischiopage (fig. 1). Supposons que ses deux sujets composants s'inclinent l'un vers l'autre par côté; que leurs membres pelviens du côté de l'angle de convergence se soudent, se confondent, s'atrophient, puis disparaissent : il en résultera un monstre hypsiloïde; et, au fur et à mesure que la coalescence se poursuivra sur les troncs, le pied de l'Y s'allongeant pendant que les branches se raccourcissent, on réalisera par la pensée toutes les variétés possibles de monstres à deux têtes. Mais il ne faudrait pas croire que, dans la réalité, les monstres hypsiloïdes aient commencé par être ischiopages et que ceux à bifurcation restreinte aient passé au cours de leur développement par toute la gamme des termes inférieurs; la supposition que nous venons de faire n'est qu'un moyen de faire comprendre les affinités et les enchaînements de toutes ces formes tératologiques.

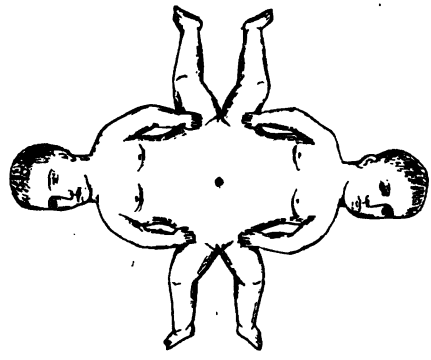


Fig. 1. — Ischiopage parfait.

Dans le type parfait de l'ischiopagie, la cavité du bassin, commune aux deux sujets réunis, est constituée suivant le même principe que le double thorax d'un sternopage ou la double tête d'un

janiceps, comme si les deux coxaux de chaque composant s'étaient écartés l'un de l'autre et déjetés par côté de manière à s'opposer respectivement aux coxaux de l'autre sujet pareillement disjoints (fig. 2). Il y a donc deux symphyses, situées latéralement; les membres pelviens d'un individu sont appariés avec ceux de l'autre individu et dirigés perpendiculairement à l'axe du monstre. A l'intérieur de ce double bassin existent deux vessies, une correspondant à chaque symphyse, et un volumineux rectum intermédiaire faisant suite aux deux intestins. Ces trois réservoirs, situés sur le plan de soudure, sont par cela même mi-partis, c'est-à-dire qu'ils appartiennent chacun par moitié aux deux sujets, aussi chaque vessie reçoit-elle un uretère de l'un et un uretère de l'autre. Les organes génitaux participent de cette même disposition, par conséquent les testicules ou les ovaires, les canaux déférents ou les oviductes s'apparient d'un sujet à l'autre, les utérus, les vagins, les vulves ou les pénis sont formés pour moitié par chacun. La figure 2, fera saisir à première vue ces dispositions, d'ailleurs bien connues. Quant aux colonnes vertébrales, elles sont réunies ou non par leur coccyx.

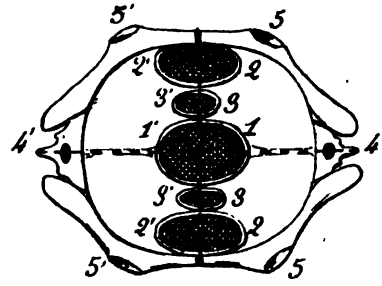


Fig. 2. — Coupe schématique du bassin d'un ischiopage bifemelle (La ligne pointillée allant d'une symphyse à l'autre marque le plan de soudure, celle allant d'une colonne vertébrale à l'autre correspond au plan médian des deux individus réunis). 1, 1', rectum; 2, 2', vessies; 3, 3', vagins; 4, 4', sacrums; 5, 5, coxaux du sujet droit; 5', 5', coxaux du sujet gauche.

II

Dans certains ischiopages, les deux composants ont éprouvé une convergence latérale, en sorte que les coxaux correspondant à l'angle de cette convergence sont plus ou moins réduits, et les membres qu'ils supportent, soudés, parfois confondus, voire même atrophiés.

Mais cette symélie qui se fait entre deux membres de sujets divers est bien différente de celle qui se produit parfois entre les membres pelviens d'un même individu, attendu qu'elle s'effectue par les faces internes (fig. 3), tandis que, dans celle-ci, elle se pro-

duit par les faces externes, comme si les deux membres avaient éprouvé une révolution de 180° sur leur axe.

Les organes génito-urinaires du côté de la convergence participent de la concentration et de l'atrophie des coxaux correspon-

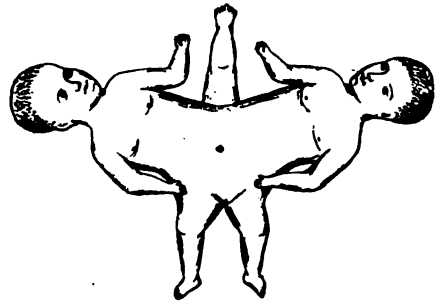


Fig. 3. — Ischiopage symèle.

dants : ils sont plus ou moins imparfaits ou absents; par exemple les reins peuvent être fusionnés ou nuls, ainsi que les glandes génitales; la vessie et les organes génitaux externes sont plus ou moins rudimentaires, voire même absents, etc.

Ces ischiopages-là nous conduisent par une transition insensible aux psodymes.

III

Dans la psodymie (fig. 4), les deux individus composants sont assez relevés l'un vers l'autre pour que les membres pelviens ne se

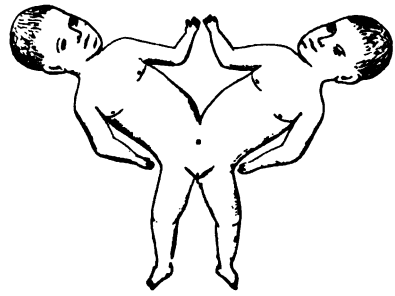


Fig. 4. — Psodyme.

soient pas développés dans l'intervalle des deux corps, non plus que les coxaux et les organes génito-urinaires correspondants. Parfois cependant l'on observe encore les rudiments d'un troisième

membre pelvien, inséré dans l'angle d'union des deux colonnes vertébrales (psodyme pygomèle). Les colonnes vertébrales sont généralement confondues en une seule à partir de la région lombaire; quelquefois elles ne se réunissent qu'à la région sacrée; il peut même arriver que les deux coccyx restent indépendants (psodyme dioure).

Quant aux viscères abdominaux, ils sont en double supérieurement, simples inférieurement.

Les psodymes s'observent très rarement; leur étude anatomique aurait besoin d'être complétée.

IV

Viennent ensuite les *xiphodymes* (fig. 5), ainsi nommés parce que la séparation des deux composants se fait en bas du thorax, au niveau

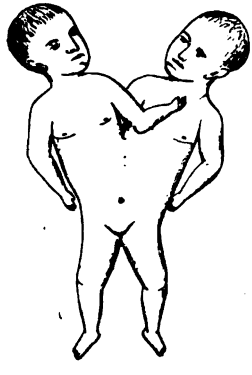


Fig. 5. — Xiphodyme.

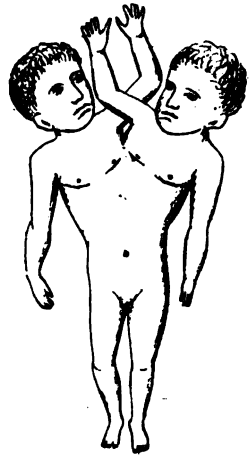


Fig. 6. — Thoracodyme.

de l'appendice xiphoïde des sternums, de telle sorte qu'il existe une seule paire de membres pelviens, un seul ventre, deux poitrines réunies à leur base, quatre membres thoraciques, deux cous et deux têtes. Il peut arriver que l'on observe, à l'état rudimentaire, un troisième et même un 4e membre pelvien (xiphodyme pygomèle). Les colonnes vertébrales se réunissent parfois à la région lombaire ou sacrée; plus souvent peut-être, elles restent indépendantes dans toute leur longueur ou bien se séparent au niveau du coccyx après s'être momentanément réunies par les sacrums. Il en résulte, chez les

quadrupèdes, des xiphodymes *monoures* ou *dioures*. C'est principalement lorsque les colonnes vertébrales sont indépendantes que l'on peut observer de la pygomélie, avec des rudiments de coxaux internes.

Bien que les xiphodymes soient plus éloignés des ischiopages que les psodymes, il est remarquable que leurs colonnes vertébrales ont moins de tendance à se réunir que celles de ces derniers; il semble que, au fur et à mesure que les deux composants se rapprochent, ces colonnes tendent au parallélisme et sont ainsi dans des conditions moins favorables pour se confondre à leur partie inférieure. L'étude des dérodymes confirmera cette remarque.

Les sternums des véritables xiphodymes ne se réunissent que par leur dernière sternèbre après avoir reçu chacun les deux rangs de côtes du sujet auquel il appartient, en sorte que les thorax ne sont réunis qu'à leur base, qui est séparée de l'abdomen par un double diaphragme. Chaque poitrine contient un cœur et une paire de poumons; et les tubes digestifs ne se réunissent qu'au niveau de l'intestin, généralement par les iléons.

V

Isidore Geoffroy Saint-Hilaire comprenait dans le genre xiphodyme d'autres monstres hypsiloïdes dont les deux composants ne se séparent que vers la partie moyenne des thorax comme dans la figure 6, ces derniers étant confondus dans toute leur partie inférieure en une vaste cavité formée des éléments de deux poitrines abouchées. Chez ces êtres, chaque sternum est divisé inférieurement en deux moitiés qui paraissent s'être disjointes pour s'opposer aux moitiés correspondantes de l'autre sternum de manière à produire deux sternums mi-partis situés l'un en avant l'autre en arrière du plan de soudure. — Il y a tantôt deux cœurs, contenus ou non dans le même péricarde, tantôt un cœur unique témoignant par sa complexité qu'il est formé de doubles éléments. Les poumons sont généralement au nombre de 4, mais les deux concentriques sont plus ou moins atrophiés, parfois même complètement avortés de telle sorte que chaque trachée se termine par un seul poumon ainsi qu'on l'observe normalement chez les serpents. Les tubes digestifs se réunissent d'ordinaire à partir des estomacs, qui s'abouchen par leur cul-de-sac droit, ou bien par la caillette s'il s'agit d'un

ruminant, de manière à produire un estomac double suivi d'un intestin simple. Les deux foies sont réunis en un organe manifestement double. Les rates sont indépendantes. Les organes génito-urinaires sont ordinairement simples, ainsi que dans les xiphodymes; cependant Rita-Cristina, dont l'autopsie fut faite par Serres, possédait les rudiments d'un deuxième appareil sexuel correspondant à de petits coxaux internes.

Ces monstres-là ont été distingués à juste titre des xiphodymes sous le nom de *thoracodymes*. Leurs membres thoraciques internes

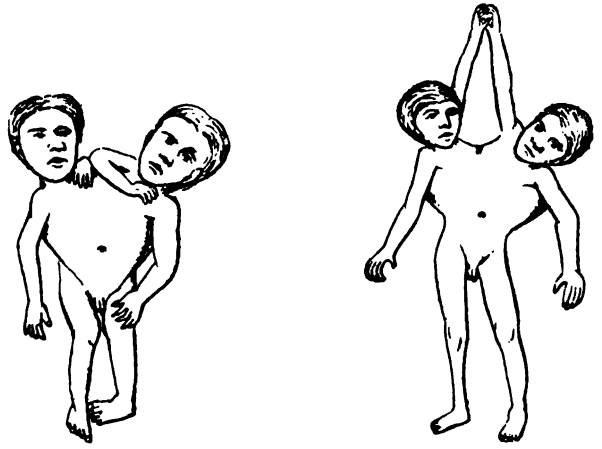


Fig. 7 et 8. — Les frères Tocci à deux âges différents (Thoracodyme).

plus ou moins rapprochés l'un de l'autre sont quelquefois soudés. Ils sont susceptibles de pygomélie, comme les xiphodymes, et des mêmes variations que ceux-ci touchant les colonnes vertébrales.

Nous devons à l'obligeance aimable de M. le professeur Bugnion, de Lausanne, la communication de deux photographies, décalquées fig. 7 et 8, relatives aux frères Tocci, thoracodyme né dans la province de Turin, mort récemment après avoir été exhibé dans diverses villes et étudié au point de vue physiologique par plusieurs docteurs notamment par M. E. Schumacher de Lucerne et par M. Bugnion. Voici ce que celui-ci a bien voulu nous écrire à son sujet :

« J'ai eu l'occasion de voir les Tocci à Berne lorsqu'ils étaient âgés de trois ans. Leurs fonctions psychiques étaient, comme on pouvait l'attendre, entièrement distinctes, chacune des têtes ayant pour ainsi dire son âme lui appartenant en propre. Ainsi, l'un des enfants pouvait dormir tandis que l'autre veillait. En revanche, le

besoin de la défécation et de la miction était ressenti en même temps par les deux individus, ce qui se conçoit bien puisque les organes pelviens étaient communs. Je me rappelle encore que la tête droite ressentait seule les piqûres faites sur la jambe droite, et la tête gauche, les piqûres faites sur la jambe gauche. Il serait intéressant de savoir comment ces enfants se comportaient au sujet du sentiment de la soif et de la faim. Peut-être le professeur Schumacher de Lucerne pourrait-il donner des renseignements plus complets? Sur la première photographie, ils paraissent âgés d'un an environ; sur la deuxième, de cinq ou six ans. Celle-ci doit avoir été faite peu de temps avant la mort, à en juger par l'amaigrissement. Je ne sais si l'autopsie a été faite. »

Le monstre dont il est ici question ressemblait beaucoup à Rita-Cristina, dont l'étude anatomique fut faite avec le plus grand soin par Serres et publiée dans le tome XI des *Mémoires de l'académie des sciences* (Paris, 1832, Recherches d'anatomie transcendante et pathologique, etc.).

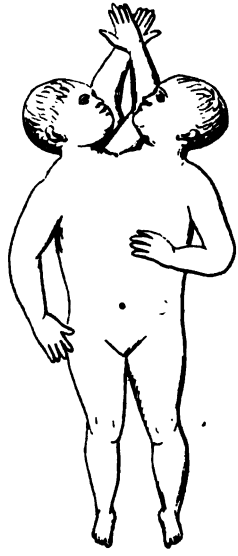


Fig. 9. — Sternodyme.

VI

Voici maintenant (fig. 9) un monstre qui se place immédiatement au-dessus des thoracodymes, dans la série des dicéphaliens. Les deux composants se séparent seulement à partir du cou et se regardent face à face. Leurs colonnes vertébrales divergent brusquement au-dessus du bassin et se tordent sur leur axe de telle manière qu'elles s'opposent par la face hémale et que les deux thorax s'abouchent comme dans les sternopages. Il existe 4 rangs de côtes régulièrement développées, 2 sternums mi-partis et 4 membres thoraciques. On a proposé l'appellation de *sternodymes* pour les monstres réalisant cette disposition.

VII

A la suite des sternodymes, nous décrirons un veau dont la peau empaillée et le squelette sont déposés au musée d'anatomie de

l'École vétérinaire de Lyon (fig. 10 et 11). Les deux composants ne se séparent qu'à partir du cou, comme dans les sternodymes; mais les thorax sont abouchés latéralement et les deux colonnes vertébrales sont rapprochées l'une de l'autre; en sorte que les membres thoraciques concentriques semblent insérés sur la région du garrot à la manière de deux membres surnuméraires, aussi inutiles qu'encombrants; ils sont toutefois parfaitement développés, dirigés en avant et en bas dans l'angle des deux têtes et opposés par leur face palmaire. Le corps, progressivement rétréci d'avant en arrière, ne présente postérieurement que deux membres pelviens régulièrement

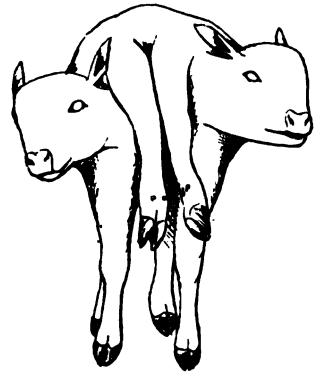


Fig. 10. — Dérodyme notomèle (vu par devant).

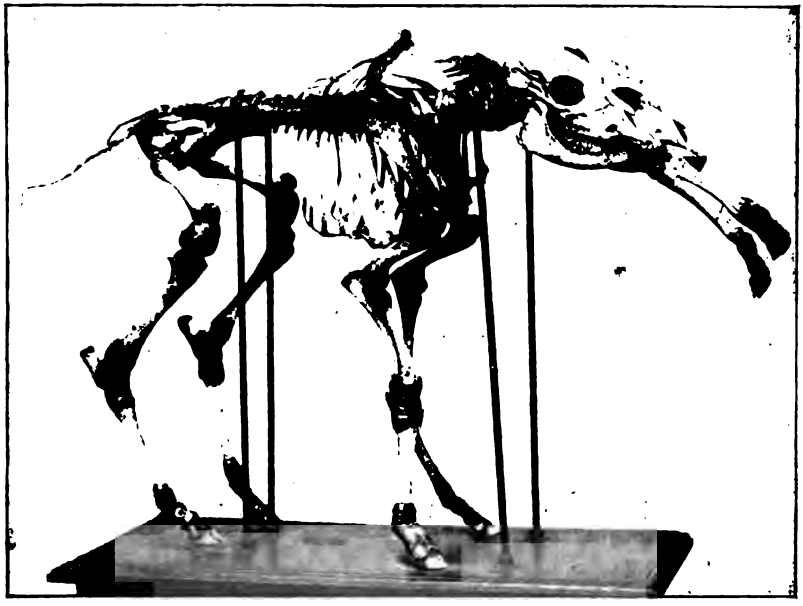


Fig. 11. — Squelette du monstre représenté fig. 10.

conformés; mais il est terminé par deux longues queues touffues :

Le squelette offre deux colonnes vertébrales complètes, ne se réu-

nissant l'une à l'autre qu'au niveau des premières vertèbres sacrées, pour reprendre leur indépendance dans la région caudale, comme dans les régions antérieures. Elles sont assez écartées pour donner place à une double rangée de côtes concentriques ; mais ces côtes sont soulevées vers le dos et fortement obliques en avant ; les sept premières de l'un et de l'autre sujet sont réunies sur un sternum raccourci formant éperon dans l'intervalle des membres thoraciques internes. Quant aux côtes externes ou excentriques, elles sont régulièrement développées ; le sternum qui réunit les sept premières paires n'offre d'autre particularité qu'une sternèbre en moins et un dédoublement du manubrium. En résumé le thorax unique de ce monstre comprend tous les éléments de deux thorax simplement abouchés l'un avec l'autre. Son entrée, extrêmement spacieuse, figure un losange irrégulier dont les angles latéraux correspondent aux colonnes vertébrales, tandis que les angles supérieur et inférieur correspondent aux sternums.

Malgré l'absence de tout renseignement sur l'organisation intérieure, ce que nous venons de dire touchant la conformation et le squelette suffit à établir que le monstre dont il s'agit fait transition entre les thoracodymes et les dérodymes. Dans la dérodymie telle que l'a définie I. Geoffroy Saint-Hilaire, il n'y a que deux membres thoraciques, exceptionnellement les rudiments d'un troisième ; tandis qu'ici on en trouve quatre, parfaitement conformés dont les 2 internes ont une direction et une orientation résultant évidemment du soulèvement des parois costales qui leur donnent appui. D'autre part, le fondateur de la tératologie déclare que, dans tous les dérodymes dont il avait connaissance, il n'existait qu'un sternum ; il ajoute toutefois qu'il n'en est peut-être pas de même de tous, « rien dans l'organisation de ces monstres n'étant inconciliable avec l'existence d'un rudiment de sternum dorsal ». L'animal que nous venons d'étudier avait deux sternums bien développés. Il ne peut donc, pour ces diverses raisons, entrer dans le genre dérodyme qu'à la condition d'en reviser la définition comme nous le ferons plus loin. Ce n'est cependant pas un thoracodyme, puisque les deux poitrines sont abouchées jusqu'à leur sommet, ni un sternodyme, puisque cet abouchement est latéral et non pas ventral.

VIII

La figure 12 représente un agneau dérodyme qui ne rentre pas non plus exactement dans la définition d'I. G. S.-H. Il possède en effet quatre membres pelviens, deux disposés normalement, les deux autres rudimentaires, insérés obliquement à la région fessière.

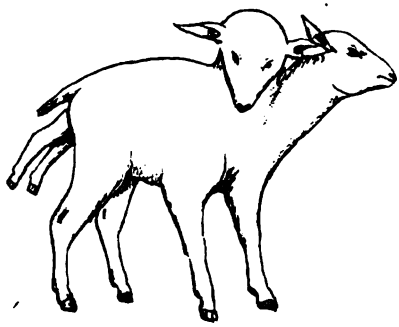


Fig. 12. — Dérodyme bipygomèle.

Or cet auteur signale bien l'existence possible de rudiments d'un troisième membre pelvien, c'est-à-dire d'une pygomélie simple, mais il ne prévoit le cas de dérodymes bipygomèles.

IX

Nous allons maintenant étudier par le menu un monstre qui rentre exactement dans la définition classique de la dérodymie. C'est un veau mâle, mort-né au terme de la gestation, qui nous fut envoyé par M. Renaud, vétérinaire à Cluny (fig. 13 et 14).

Extérieur. — Il présentait deux têtes indépendantes, relativement petites, deux cous superficiellement réunis par leur face adjacente, mais très distincts et doués chacun d'une mobilité propre, un seul tronc terminé en arrière par deux queues, enfin quatre membres normalement disposés. — Le tronc, très élargi, surtout en avant, était constitué manifestement par deux thorax et deux abdomens confondus; il montrait en effet deux colonnes vertébrales situées côte à côte dans la région dorso-lombaire, s'écartant à partir du sacrum pour se terminer librement par deux queues. — On sentait parfaitement sous la peau les deux séries

d'apophyses épineuses, renversées en dehors, et, dans leur inter-

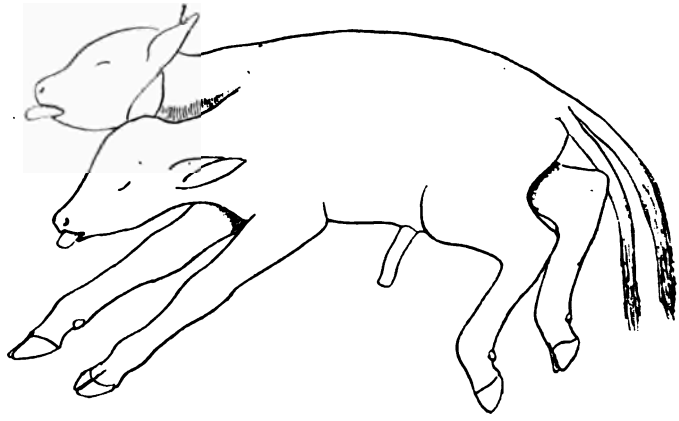


Fig. 13. — Dérodyme dioure, vu de côté.

valle, sur le plan médian, une série d'autres pointes osseuses produites par la réunion, deux à deux, de petites côtes ou d'apophyses costiformes concentriques. On percevait aussi, dans l'angle antérieur des deux rachis, deux plaques cartilagineuses sous-cutanées que nous avons interprétées d'emblée comme des rudiments de scapulums internes. Le bassin n'était fermé, dans l'angle des deux sacrums, que par une paroi membraneuse.

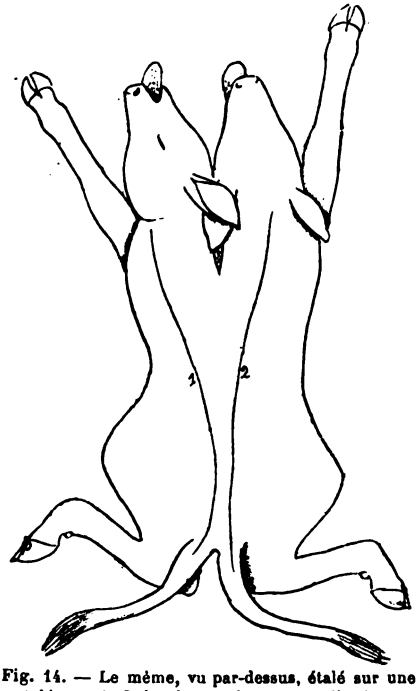


Fig. 14. — Le même, vu par-dessus, étalé sur une table. — 1, 2, les deux colonnes vertébrales.

L'anus était situé entre les deux queues, au-dessus de l'arcade ischiale. Celle-ci était très resserrée par suite de l'extrême rapprochement des tubérosités de même nom.

Les organes sexuels n'offraient rien de particulier.

ANATOMIE. — *a*) *Squelette* (fig. 15). — Les principales particularités du squelette de ce monstre pouvaient être déduites de sa conformation extérieure. Les têtes étaient normalement constituées, à peu près égales en volume, mais remarquablement étroites. La voûte palatine, qu'il est si fréquent de trouver incomplète chez les monstres, était parfaitement formée dans l'une et l'autre tête. La concordance des mâchoires n'offrait non plus rien à désirer, et la dentition était

Fig. 15. — Squelette du monstre représenté fig. 13 et 14.

dans l'état où elle se présente d'ordinaire chez les nouveau-nés de la même espèce. Les deux tiges cervicales étaient sensiblement parallèles, distantes d'une quinzaine de centimètres; à partir de la première vertèbre dorsale, les rachis se recourbaient l'un vers l'autre, tout en se tordant un peu, et arrivaient presque à se joindre pour se poursuivre côte à côte jusqu'à la région sacrée, à partir de laquelle ils divergeaient de telle manière que les deux queues passaient en dehors des ischions. Ces deux colonnes vertébrales ne se regardaient pas exactement par le côté; elles paraissaient avoir éprouvé chacune une rotation, plus ou moins accentuée suivant les points, qui avait relevé leur face interne et renversé en dehors la série de leurs apophyses épineuses. Celles-ci étaient la

plupart soudées entre elles, dans la région dorsale, par suite du tassement résultant du contournement des colonnes à cet endroit. Le nombre des vertèbres de chaque région était normal de part et d'autre.

Le thorax était extrêmement large, aplati inférieurement; son entrée, de forme pentagonale, l'emportait en étendue sur sa base à cause de l'extrême écartement des premières côtes, corrélatif lui-même à l'espacement des rachis. — Les côtes qui le limitaient par côté s'articulaient supérieurement avec la face externe des ver-

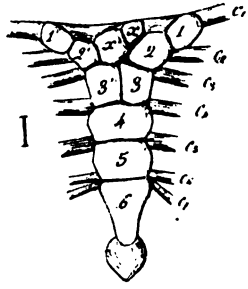


Fig. 16. — Sternum, avec les extrémités des cartilages costaux. — 1, 1', premières hémi-sternèbres; 2, 2', deuxièmes hémi-sternèbres; 3, 3', troisièmes hémi-sternèbres; 4, 5, 6, quatrième, cinquième et sixième sternèbres; C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, cartilages costaux successifs; x. x', hémi-sternèbres supplémentaires.

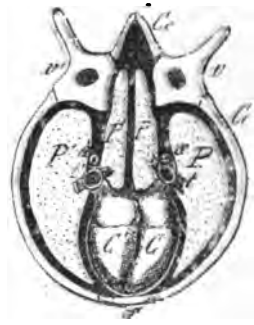


Fig. 17. — Coupe demi-schématique de la poitrine. — v, v', les deux rachis; Cc, côtes concentriques; Ce, côtes excentriques; S, sternum; C, C, deux cœurs dans le même péricarde; t, t', trachées au niveau de leur bifurcation terminale; P, poumon excentrique de la paire droite; p. poumon concentrique de la même paire; P' et p', poumons, excentrique et concentrique, de la paire gauche; α, α, les deux œsophages.

tèbres dorsales correspondantes et se réunissaient inférieurement, d'une manière directe ou indirecte, avec un sternum relativement court, mais élargi, affectant la forme d'un T. Ce sternum, représenté figure 16, appartenait évidemment par moitié aux deux sujets composant le monstre; sa forme en T s'explique par la divergence des premières hémi-sternèbres due à l'écartement des premières paires de côtes.

A l'opposé de ce curieux sternum, le plafond thoracique était constitué par les deux colonnes vertébrales entre lesquelles on remarquait des rudiments de côtes internes, relevés vers l'extérieur (fig. 17). Les cinq ou six premières de ces côtes rudimentaires ne se rejoignaient pas d'un côté à l'autre et affectaient des directions irrégulières, tandis que les suivantes, plus étroitement enserrées entre les rachis, se soudaient par paires et formaient sur la ligne médiane la série de pointes saillantes que nous avons déjà signalées.

Dans l'angle de séparation antérieure des deux colonnes vertébrales, l'attention était attirée par deux plaques cartilagineuses situées entre les premières apophyses épineuses dorsales de l'une et de l'autre, lesquelles ne pouvaient être autre chose que des vestiges de scapulums internes.

A la région lombaire, les apophyses costiformes internes se réunissaient aussi deux à deux en soulevant la peau, mais sans se souder.

La première vertèbre de l'un et de l'autre sacrum était adossée à sa congénère; mais, à partir de là, se faisait la disjonction postérieure des deux colonnes. Chaque sacrum donnait appui du côté externe à un coxal normalement constitué qui paraissait s'articuler au-dessous du niveau ordinaire, en raison du renversement latéral des rachis. Il n'existait pas trace de coxaux internes. La cavité pelvienne était fortement rétrécie et semblait d'autant plus profonde.

Les deux queues comprenaient chacune dix-huit vertèbres.

Les membres étaient normalement constitués.

b) *Muscles.* — Dans chaque tête, les muscles étaient au grand complet; tandis que, par suite de la soudure superficielle des deux cous, un certain nombre de muscles cervicaux concentriques s'étaient réunis d'un sujet à l'autre entre organes similaires, en s'atrophiant plus ou moins. Par exemple, les deux sterno-céphaliques internes étaient réunis dans leur moitié inférieure; les angulaires de l'épaule et les omo-trachéliens avaient disparu contre le plan de sondure, ainsi que les mastoïdo-huméraux; toutefois il restait la partie antérieure de ces derniers, qui se continuait d'un cou à l'autre. Les vestiges scapulaires dont nous avons parlé plus haut donnaient insertion à des rudiments de trapèzes, de rhomboïdes et même de grands dentelés. L'espace compris entre ces vestiges, dans l'angle des rachis, était occupé par un énorme kyste dermoïde contenant une touffe de longs poils décolorés, kyste résultant vraisemblablement de l'enclavement d'un morceau de peau.

Les muscles de la région spinale du dos et des lombes étaient presque tous en double, à l'exception des grands dorsaux et des petits dentelés, qui faisaient défaut du côté du plan de soudure. Les muscles des gouttières vertébrales internes s'adossaient d'un sujet à l'autre par l'intermédiaire des extrémités relevées des côtes et des apophyses costiformes concentriques; ils étaient couverts au niveau de la masse commune par un plan de fibres trans-

versales représentant sans doute la partie pré-iliaque des fessiers moyens internes.

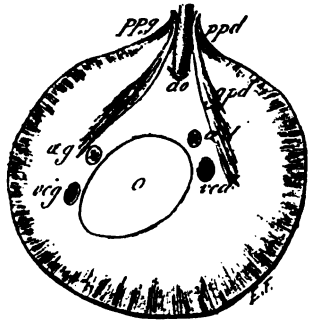


Fig. 18. — Diaphragme vu par la face abdominale. — *gpd*, grand pilier droit; *ppd*, petit pilier droit; *gpg*, grand pilier gauche; *ppg*, petit pilier gauche; *o*, vaste ouverture anormale; *ao*, aorte; *æg*, œsophage gauche; *æd*, œsophage droit; *vcg*, veine cave gauche: *vcd*, veine cave droite.

La région pectorale ne présentait pas trace de duplicité, non plus que la région abdominale inférieure et la région sous-lombaire.

Le diaphagme (fig. 18) était percé d'une vaste couverture centrale faisant communiquer les deux grandes cavités pectorale et abdominale. De chaque côté de cette ouverture, deux orifices situés l'un au-dessous de l'autre livraient passage à l'œsophage et à la veine cave du côté correspondant. Les deux piliers centraux, au lieu d'être accolés l'un à l'autre, s'écartaient inférieurement de manière à circonscrire les cinq ouvertures qui viennent d'être mentionnées dans le centre phrénique; ils s'inséraient sur l'une et l'autre colonne vertébrale en ménageant un espace pour le passage de l'aorte.

Les muscles des membres étaient normaux.

c) *Appareil digestif.* — Il y avait deux tubes digestifs libres et indépendants, régulièrement constitués jusqu'aux estomacs. Ceux-ci étaient soudés sur la ligne médiane par les caillettes (fig. 19), tandis que leurs trois premiers compartiments étaient libres et symétriquement échelonnés de part et d'autre de l'énorme réservoir représentant les caillettes fusionnées; ces compartiments étaient toutefois moins développés à droite qu'à gauche; de plus la panse gauche était herniée dans la poitrine à travers l'ouverture centrale du diaphragme. — On remarquera que la confusion des caillettes sur le plan de soudure implique la transposition de celle

Fig. 19. — Estomac vu dorsalement. — *æg*, œsophage gauche; *æd*, œsophage droit; *pg*, rumen gauche; *pd*, rumen droit; *rg*, réseau gauche; *rd*, réseau droit; *fg*, feuillet gauche; *fd*, feuillet droit; *cg* et *cd*, les deux caillettes réunies; *a*, antre pylorique recevant en *c* l'embouchure du cholédoque; *i*, origine de l'intestin.

du sujet droit qui se trouvait en effet à gauche de la panse au lieu d'être à droite; il ne saurait en être autrement d'ailleurs, car un intestin unique ne pouvait prendre naissance qu'à deux estomacs abouchés par leur partie pylorique.

L'intestin était simple dans toute son étendue et normal, quoique appartenant évidemment par moitié aux deux sujets; il succédait au réservoir abomasal au niveau d'un brusque rétrécissement.

Il n'y avait, contrairement à l'habitude, qu'une seule rate située à la région sous-lombaire, en avant du rein gauche, et appartenant d'une manière évidente au sujet de ce côté-là.

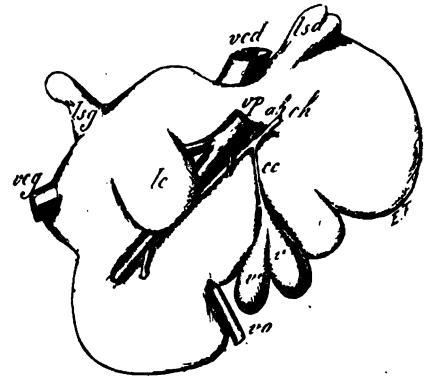


Fig. 20. — Foie, face viscérale. — *lsg*, lobule de Spigel gauche; *lsd*, lobule de Spigel droit; *lc*, lobule papillaire; *vp*, veine porte; *ah*, art. hépatique; *ch*, cholédoque; *cc*, canal cystique; *v*, *v'*, deux vésicules biliaires; *vo*, veine ombilicale; *vcd*, veine cave droite; *vcg*, veine cave gauche.

Le foie présentait des traces de duplicité (fig. 20); il avait en effet deux veines caves pour une seule veine porte et une seule veine ombilicale; deux lobules de Spigel et une vésicule biliaire double. La veine ombilicale lançait son « canal veineux » sur la veine cave du sujet droit.

Le canal cholédoque effectuait son embouchure non pas dans l'intestin, mais à la partie postérieure du réservoir abomasal, ce qui est d'autant plus surprenant que, à l'état normal, cette embouchure se fait assez loin du pylore, dans l'espèce bovine.

Nous n'avons rien noté touchant le pancréas.

d) *Appareils respiratoires.* — Il y avait deux appareils respiratoires complets; par conséquent la poitrine contenait deux paires de poumons (fig. 17 et fig. 21); le poumon interne de chaque paire était plus petit que son congénère et situé sur un niveau plus élevé, c'est-à-dire dorsalement. Dans chaque paire, le poumon droit recevait sa branche apicale de la trachée correspondante, et celle-ci effectuait son croisement de l'aorte, du côté droit, comme normalement. Il n'y avait donc ici aucune inversion dans la disposition des poumons de l'un et de l'autre sujet.

Un énorme cul-de-sac pleural fermait en avant la cavité de la poitrine en s'étendant dans l'intervalle des deux cous, à leur base.

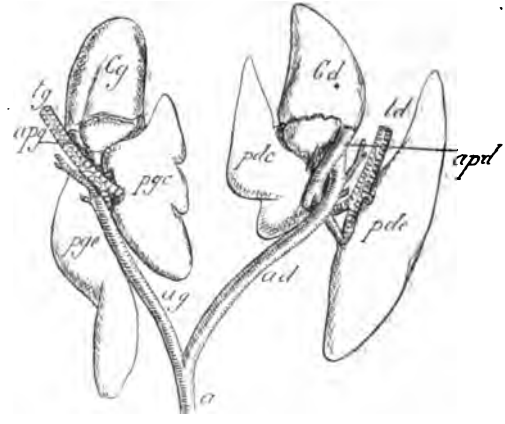


Fig. 21. — Vue d'ensemble des poumons, des cœurs et des gros vaisseaux. — *Cg*, cœur du côté gauche; *Cd*, cœur du côté droit; *pge* et *pgc*, les deux poumons de la paire gauche; *pde* et *pdc*, les deux poumons de la paire droite; *tg*, trachée gauche; *td*, trachée droite; *apg* et *apd*, les deux troncs artériels pulmonaires; *ag* et *ad*, les deux aortes, se réunissant en une seule, *a*.

Sur ce cul-de-sac, reposaient deux volumineux thymus. Les glandes thyroïdes n'offraient rien de particulier.

e) *Appareil uro-génital.* — Cet appareil était simple et régulièrement constitué, comprenant : deux reins, dont le gauche était

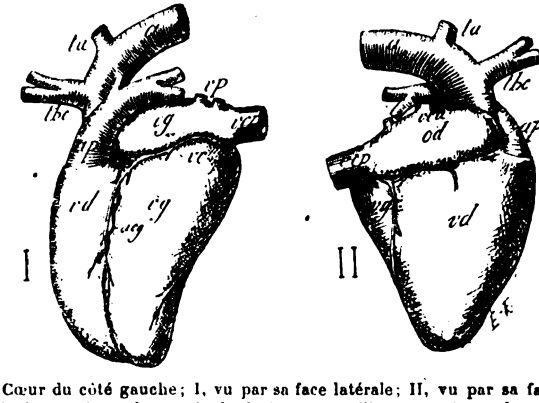


Fig. 22. — Cœur du côté gauche; I, vu par sa face latérale; II, vu par sa face médiale. — *vg*, ventricule gauche; *vd*, ventricule droit; *vg*, oreillette gauche; *od*, oreillette droite; *ap*, tronc pulmonaire; *a*, aorte postérieure; *tbc*, tronc brachio-céphalique (représenté trop volumineux sur la figure); *ta*, tronc brachial gauche; *acg*, artère cardiaque gauche; *vp*, veines pulmonaires; *vca*, embouchure de la veine cave antérieure; *vcp*, veine cave postérieure; *vc*, grande veine coronaire.

beaucoup plus gros que le droit, deux uretères, une vessie flanquée de deux artères ombilicales, deux testicules descendus dans leurs

bourses, deux canaux déférents, un urètre incorporé à une verge, etc.

f) Appareil circulatoire. — Il existait deux cœurs logés dans le même péricarde, au contact l'un de l'autre, ainsi que le montre la figure 17. Le cœur du côté gauche pesait 150 grammes, celui du côté droit 210 grammes. Au lieu de s'opposer latéralement, c'est-à-dire la face droite de l'un à la face gauche de l'autre, ils semblaient avoir tourné sur leur axe en sens inverse de manière à se correspondre par le bord postérieur, tandis que le bord antérieur

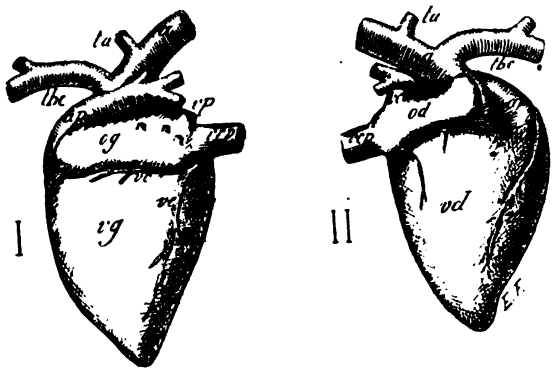


Fig. 23. — Cœur du côté droit; I, vu par sa face médiale; II, vu par sa face latérale. — *vg*, ventricule gauche; *vd*, ventricule droit; *og*, oreillette gauche; *od*, oreillette droite; *ap*, tronc pulmonaire; *a*, aorte postérieure; *tbc*, tronc brachio-céphalique; *ta*, tronc brachial gauche; *acg*. artère cardiaque gauche; *vp*, veines pulmonaires; *vca*, embouchure de la veine cave antérieure; *vcp*, veine cave postérieure; *vc*, grande veine coronaire.

regardait en dehors; en outre le droit chevauchait un peu au-devant du gauche. Considérons chacun de ces organes isolément.

La figure 22 représente le *cœur du côté gauche* vu par ses deux faces; le bord habituellement antérieur est tourné à gauche et la face ordinairement gauche regarde en arrière; il s'ensuit que l'artère pulmonaire et la crosse de l'aorte se dirigent transversalement au lieu de se porter d'avant en arrière. Les quatre cavités intérieures de ce cœur étaient parfaitement normales ainsi que les gros vaisseaux; toutefois il n'y avait pas d'aorte antérieure; deux divisions naissaient successivement de la crosse aortique : un tronc brachio-céphalique, relativement faible, et un volumineux tronc brachial gauche; celui-ci se rendait au membre antérieur gauche après avoir émis les collatérales ordinaires; celui-là se divisait bientôt en deux branches, l'une donnant la vertébrale et la dorsale droites du sujet gauche, l'autre fournissant les

deux carotides de ce même sujet. Il est évident que l'absence du membre droit de ce sujet avait entraîné une considérable réduction de ce tronc brachio-céphalique.

Le *cœur du côté droit* avait éprouvé, comme l'indique la figure 23, une sorte d'interversion dans la position relative de ses cavités à sang noir et à sang rouge; les premières avaient été comme refoulées à droite et en arrière, tandis que les secondes occupaient la face gauche et le bord antérieur. Les deux veines caves se trouvaient ainsi reportées en arrière des veines pulmonaires; néanmoins l'artère pulmonaire et l'aorte avaient conservé leurs rapports normaux, et la conformation intérieure était régulière, abstraction faite d'un certain rapetissement des cavités à sang noir. La crosse aortique émettait deux branches comme de l'autre côté, mais ici c'est le tronc brachio-céphalique qui était le plus volumineux car il fournissait l'artère du membre droit, tandis que le tronc brachial gauche s'épuisait à émettre une artère dorsale et une vertébrale, le membre antérieur gauche du sujet droit n'existant pas.

Les deux aortes après avoir décrit leur crosse se confondaient en une seule qui se plaçait dans l'intervalle des colonnes vertébrales et se terminait à la région lombo-sacrée par quatre artères iliaques, distribuées suivant le mode ordinaire, et par deux artères sacrées moyennes se continuant dans l'une et l'autre queue.

Les veines caves antérieures étaient indépendantes l'une de l'autre et constituées chacune par deux jugulaires et une axillaire. Les veines caves postérieures, suivies à partir des cœurs, traversaient le diaphragme, croisaient obliquement la face antérieure du foie (fig. 20) et venaient se réunir à la région lombaire, en arrière des reins; l'unique vaisseau en résultant se plaçait sous l'aorte et se constituait vers l'entrée du bassin par la jonction des veines iliaques primitives et sacrées moyennes.

Nous avons borné nos investigations aux gros vaisseaux; le système vasculaire n'ayant pas été injecté se prêtait mal à une étude de détails qui d'ailleurs n'eût pas offert grand intérêt.

g) *Appareils nerveux.* — Les deux axes cérébro-spinaux étaient complètement indépendants et normalement conformés. On remarquait seulement, dans la région dorso-lombaire, l'atrophie des racines nerveuses concentriques émises par chacun d'eux, atrophie corrélative à l'extrême réduction des moitiés adjacentes des sujets soudés; néanmoins les moelles épinières à ce niveau étaient presque

aussi développés du côté interne que de l'externe; ce n'est que sur les coupes transversales que l'on constatait d'une manière nette une dissymétrie de la substance grise, qui était moins abondante dans la moitié concentrique que dans l'excentrique.

Telle était l'organisation d'un dérodyme réalisant, à l'extérieur, le type du genre, tel que l'a défini Is. Geoffroy Saint-Hilaire. La duplicité du cœur en est la particularité la plus remarquable.

X

Nos collections renferment le squelette d'un autre veau dérodyme assez semblable à celui que nous venons de décrire; mais les deux colonnes vertébrales, tout en étant distinctes dans toute leur longueur, sont plus rapprochées l'une de l'autre et presque parallèles; les côtes concentriques sont relevées vers le dos et irrégulièrement dirigées.

XI

Voici maintenant un autre veau dérodyme différant considérablement des précédents. Le squelette (fig. 24) en est déposé depuis fort longtemps dans les collections de notre service.

Les deux colonnes vertébrales se réunissent à l'origine des lombes et n'en forment plus qu'une parfaitement simple jusqu'à l'extrémité de la queue. En raison de leur rapprochement, elles n'avaient pas permis aux côtes internes de se développer, tandis que les externes se réunissaient comme normalement sur le sternum. Celui-ci ne différait de l'état normal que par un peu plus de largeur et par la duplicité de son manubrium (fig. 25). Le thorax, tout en étant encore élargi à sa partie antérieure, l'était beaucoup moins que dans le monstre décrit paragraphe IX.

C'est sans doute dans des cas semblables que l'on a vu les deux cœurs se fusionner en un seul et les poumons concentriques rester rudimentaires ou même faire complètement défaut. Il semble probable aussi que les deux œsophages se réunissaient avant l'estomac; mais nous ne pouvons que faire des conjectures sur l'organisation viscérale de cet intéressant sujet car nous n'en possédons que le squelette.

Quant aux membres, ils n'offraient rien de particulier ni dans le nombre, ni dans la disposition.

Chacune des deux têtes était régulièrement constituée.

En résumé, voilà un dérodyme chez lequel les rachis, au lieu

Fig. 24. — Squelette d'un dérodyme monoure.

d'être libres dans toute leur longueur (dérodymes dialyrachidiens), semblent résulter d'une bifurcation, à l'origine des lombes, d'un rachis simple dans le reste de son étendue (dérodymes gamorachidiens, il ne répond donc pas à la définition d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire. Et il est infiniment probable que cette coalescence unitaire des colonnes vertébrales est susceptible de se produire sur une longueur variable, par exemple à la région sacrée, sacro-coccygienne, lombo-sacrée, lombo-sacro-coccygienne, etc. Dans l'observation qui va suivre, nous allons trouver en effet une colonne vertébrale simple à partir de la base du cou. On entrevoit donc tous les termes d'une transition insensible entre une dérodymie sysomique et une dérodymie monosomique. Le vocable dérodyme n'implique rien touchant les rapports des colon-

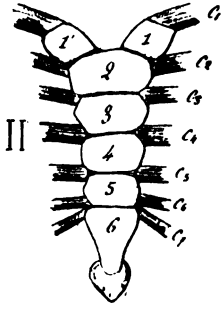


Fig. 25. — Sternum. — 1, 1', les deux moitiés séparées de la première sternèbre; 2, 3, 4, 5, 6, les autres sternèbres successives; C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, cartilages des côtes sternales.

nes vertébrales; il évoque seulement la séparation, au niveau du cou, de deux sujets opposés latéralement; aussi s'applique-t-il à des monstres très différents les uns des autres, qu'il y a lieu de répartir en divers sous-genres, ainsi que nous le ferons plus loin.

XII

Celui que nous allons étudier en ce moment (fig. 26) est un des dérodymes les plus simples qui se puissent concevoir.

C'était un veau femelle, mort-né au terme de la gestation, qui nous fut apporté par un paysan des environs de Lyon. Il était issu d'une vache ayant déjà fait trois veaux bien conformés, et d'un taureau qui, nous a-t-on dit, avait la réputation d'engendrer des produits d'accouchement difficile et notamment des jumeaux?

Bien qu'il se fût présenté par les membres postérieurs, il n'avait rien moins fallu, pour l'extraire, que les tractions simultanées de six hommes.

Extérieur. — Ses formes étaient plus ou moins émaciées, surtout au train de derrière. Les membres postérieurs étaient difformes, leurs jarrets ankylosés en extrême flexion et leurs extrémités déviées. Les membres de devant étaient plus régulièrement conformés, malgré que leur genou fût creux et leurs doigts contracturés en flexion. La colonne vertébrale paraissait simple à partir du thorax, mais elle était fortement voussée et même tordue dans la région dorso-lombaire.

La duplicité du sujet était restreinte à la région cervico-céphalique; encore les deux cous étaient-ils partiellement réunis par leurs faces adjacentes jusqu'à une petite distance des têtes. Celles-ci étaient égales en volume mais chacune un peu plus petite qu'une tête ordinaire; elles mesuraient 0 m. 24 de longueur et 0 m. 12 de largeur. Six mamelles disposées en deux rangées latérales s'observaient à l'endroit ordinaire; mais cette polymastie s'observe assez souvent chez des sujets foncièrement simples. On remarquait enfin un *spina bifida* s'étendant de la 10e vertèbre dorsale à la 4e lombaire, au niveau duquel la moelle avait été écrasée pendant les manœuvres de l'accouchement. Cette ouverture du canal rachidien n'avait pas moins de cinq à six centimètres de largeur et était circonscrite par une bordure de peau glabre, semi-muqueuse.

Anatomie. — *a*) *Squelette*. — La colonne vertébrale était rigoureusement simple depuis l'origine du dos jusqu'à l'extrémité de la

queue; sa bifurcation se faisait au niveau de la première ou deuxième vertèbre thoracique et donnait origine à deux tiges cervicales normales supportant deux têtes parfaitement constituées. Le

Fig. 26. — Veau dérodyme monosomien.

thorax n'offrait d'autre particularité qu'une dissymétrie des parois costales, la droite étant plus bombée et plus étendue que la gauche. Les quatre membres avaient leur constitution ostéologique ordinaire.

b) ***Muscles.*** — Les muscles étaient disposés en conformité du squelette, c'est-à-dire d'une manière unitaire sur le tronc et les

membres, dualitaire dans la région cervico-céphalique. Toutefois certains muscles du côté interne de l'un et de l'autre cou étaient réunis ou plus ou moins avortés sur le plan de soudure, ainsi que nous l'avons constaté déjà chez le dérodyme décrit au § IX. Les deux ligaments cervicaux se réunissaient en arrière en un unique ligament surépineux dorso-lombaire. Le diaphragme était simple.

c) *Appareil digestif.* — L'appareil digestif était double jusqu'à une petite distance de l'estomac, simple dans le restant de

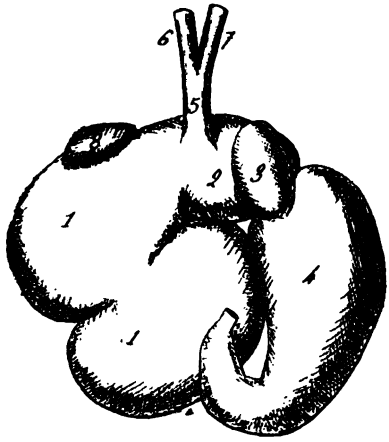


Fig. 27. — Estomac. — 1, 1, les deux sacs de la panse; 2, réseau; 3, feuillet; 4, caillette; 5, œsophage résultant de la réunion de deux œsophages supérieurs, 6 et 7; 8, rate.

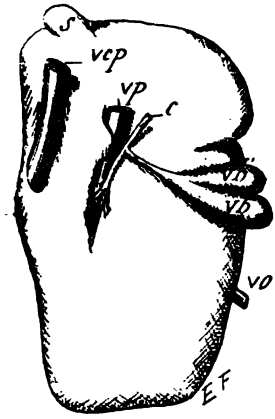


Fig. 28. — Foie. — S, lobule de Spigel; *vcp*, veine cave postérieure; *vp*, veine porte; *c*, cholédoque; *vb*, *vb*, deux vésicules biliaires; *vo*, veine ombilicale.

son étendue : on observait donc deux bouches avec toutes leurs annexes, deux arrière-bouches et deux œsophages. Ceux-ci se réunissaient angulairement en arrivant vers le diaphragme et ne formaient plus ensuite qu'un seul conduit qui, après un trajet d'environ cinq centimètres, débouchait comme normalement dans un estomac parfaitement simple, suivi d'un intestin n'offrant lui-même rien de particulier (fig. 27).

Le foie trahissait sa duplicité d'origine par sa double vésicule biliaire; il était normal par ailleurs (fig. 28). La rate et le pancréas n'ont rien montré de particulier.

d) *Appareils respiratoires.* — La dualité de l'appareil digestif antérieurement implique celle de l'appareil respiratoire : il y avait en effet deux larynx, deux trachées, deux paires de poumons, deux paires de glandes thyroïdes, deux thymus.

La paire pulmonaire de la trachée gauche tendait à se superposer à l'autre, et, dans chacune, le poumon droit était seul bien développé, tandis que le gauche était rudimentaire (fig. 29).

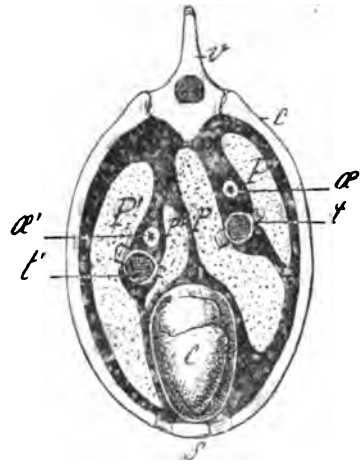


Fig. 29. — Coupe schématique de la poitrine. (La tête était dirigée vers le lecteur.) — *v*, colonne vertébrale ; *c*, côtes ; *s*, sternum ; *c*, cœur dans son péricarde ; *t*, *t'*, les deux trachées à leur terminaison ; *œ*, *œ'*, les deux œsophages ; P et *p*, les deux poumons de la paire gauche ; P' et *p'*, ceux de la paire droite.

Ainsi que nous l'avons vu déjà, un cul-de-sac de la plèvre s'échappait de l'entrée du thorax avec les thymus.

e) *Appareil uro-génital.* — Simple et normal.

f) *Appareil circulatoire.* — L'appareil circulatoire était très intéressant. Au premier abord on ne distinguait qu'un cœur; mais un examen plus attentif fit découvrir le rudiment d'un deuxième cœur, sous forme d'une petite masse charnue, grosse comme une noisette, dissimulée dans de la graisse et tenant à la face gauche du premier, au niveau de sa base (fig. 32). Il

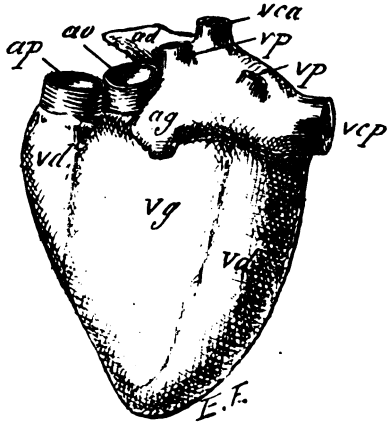


Fig. 30. — Cœur principal vu par sa face gauche. — *vd*, ventricule droit ; *vg*, ventricule gauche ; *ag*, auricule gauche ; *ad*, auricule droite ; *ap*, art. pulmonaire ; *ao*, aorte ; *vp*, *vp*, veines pulmonaires ; *vca*, veine cave antérieure ; *vcp*, veine cave postérieure.

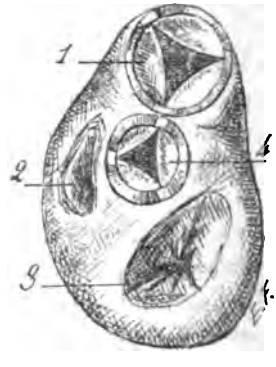


Fig. 31. — Les 4 orifices de la base des ventricules. — 1, orifice pulmonaire ; 2, orifice auriculo-ventriculaire gauche ; 3, orifice auricule-ventriculaire droit ; 4, orifice aortique.

n'était pas possible de douter de la nature cardiaque de cette petite

masse charnue, bien qu'elle fût dépourvue de toute cavité, attendu qu'on voyait s'en échapper deux artères représentant manifestement une artère pulmonaire et une aorte, ainsi que nous le constaterons tout à l'heure.

Le cœur principal appartenait donc en propre au sujet droit. Les figures 30 et 31 montrent que ses cavités à sang noir et à sang rouge étaient déplacées les unes relativement aux autres, par suite d'un changement d'orientation du septum : les cavités à sang rouge étaient reléguées sur la face gauche, tandis que celles à sang noir occupaient la face droite et les deux bords; les deux sillons vasculaires marquant extérieurement la limite des ventricules se trouvaient donc l'un et l'autre sur la face gauche; aussi constatait-on à l'intérieur que les cavités à sang noir étaient beaucoup plus spacieuses que les autres; leur parois n'étaient pas moins épaisses au contraire. Les deux orifices de la base du ventricule droit (pulmonaire et auriculo-ventriculaire) étaient placés l'un au-devant de l'autre, à une certaine distance; tandis que ceux du ventricule gauche étaient beaucoup plus petits et situés à côté l'un de l'autre, l'orifice aortique refoulant le septum pour s'intercaler entre l'orifice pulmonaire et l'orifice auriculo-ventriculaire droit. Les valvules de ces divers orifices étaient disposées comme d'ordinaire. Le ventricule droit atteignait la pointe du cœur; le gauche s'en tenait à une petite distance, contrairement à ce que l'on observe à l'état normal. Les deux oreillettes communiquaient non seulement par le trou de Botal mais encore par un petit orifice supplémentaire situé au-dessus; elles offraient chacune les embouchures veineuses ordinaires.

Voyons maintenant la disposition des gros vaisseaux (fig. 32).

Le cœur rudimentaire, appartenant en propre au sujet gauche, donnait naissance, comme nous l'avons dit déjà, à deux troncs artériels séparés par une étroite boutonnière, lesquels se réunissaient en un seul, qui se divisait aussitôt en deux branches, dont l'une se distribuait aux poumons de la paire gauche ou supérieure, tandis que l'autre s'anastomosait en arcade avec l'artère pulmonaire du cœur principal en embrassant l'œsophage et la trachée gauches. De cette dernière branche, qui représentait une crosse aortique, s'échappaient trois collatérales : 1° le tronc brachial du membre antérieur gauche, 2° le tronc commun des deux carotides du sujet gauche; 3° le tronc commun de la vertébrale et de la cervicale supérieure concentriques de ce même sujet.

Le cœur principal émettait aussi une artère pulmonaire et une aorte; il recevait en outre toutes les veines de la grande et de la petite circulation. L'artère pulmonaire se divisait bientôt en deux branches, l'une se distribuant aux poumons de la paire droite ou inférieure, l'autre se divisant à son tour pour s'anastomoser en arcade soit avec l'aorte du cœur rudimentaire, soit avec celle du cœur principal; cette dernière anastomose embrassait la trachée et l'œsophage du sujet droit et émettait, par un tronc commun, la

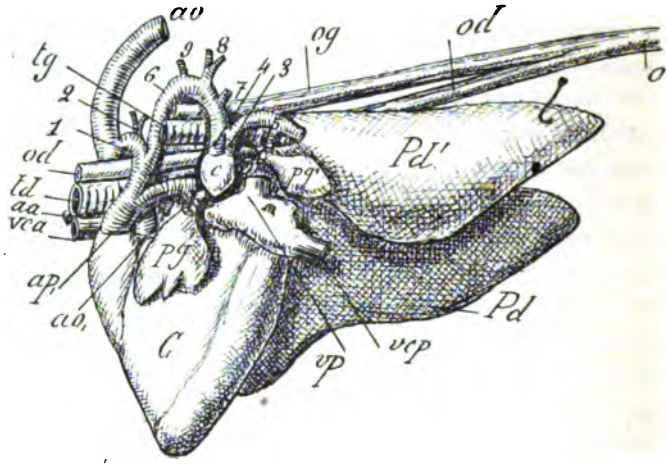


Fig. 32. — Ensemble des organes intrathoraciques vus du côté gauche. — C, cœur; *c*, vestige d'un deuxième cœur; *pg* et P*d*, les deux poumons de la paire droite ou inférieure; *pg'* et P*d'* ceux de la paire gauche ou supérieure; *tg*, trachée gauche; *td*, trachée droite; *og*, *od*, les deux œsophages se réunissant postérieurement en *o*; *ap*, artère pulmonaire; *ao*, aorte; *aa*, artère axillaire droite; *vca*, veine cave antérieure; *vcp*, veine cave postérieure; *vp*, veine pulmonaire; 1, arcade anastomotique de l'art. pulmonaire avec l'aorte; 2, tronc de la vertébrale et de la cervicale supérieure concentriques du sujet droit; 3, 5, artère pulmonaire du cœur accessoire; 4, aorte de ce même cœur; 6, son anastomose avec l'artère pulmonaire du cœur principal; 7, artère axillaire gauche; 8, tronc commun des deux carotides de la paire gauche; 9, tronc de la vertébrale et de la cervicale supérieure concentriques du sujet gauche.

vertébrale et la cervicale supérieure concentriques de ce même sujet.

L'aorte droite ou principale donnait naissance, non loin de son origine, à une aorte antérieure fournissant successivement : 1° par un tronc commun, les artères vertébrale, dorsale et cervicale supérieure excentriques du sujet droit, 2° les deux carotides du même, 3° enfin le tronc brachial du membre antérieur droit.

On remarquera que la trachée et l'œsophage gauches croisaient à droite l'aorte correspondante, tandis que la trachée et l'œsophage droits effectuaient ce croisement à gauche. L'aorte principale

provenait donc du quatrième arc aortique droit, tandis que le quatrième arc aortique gauche avait constitué l'anastomose avec l'aorte du cœur rudimentaire.

La veine cave antérieure était unique, elle se constituait à l'entrée de la poitrine par deux troncs brachio-céphaliques formés

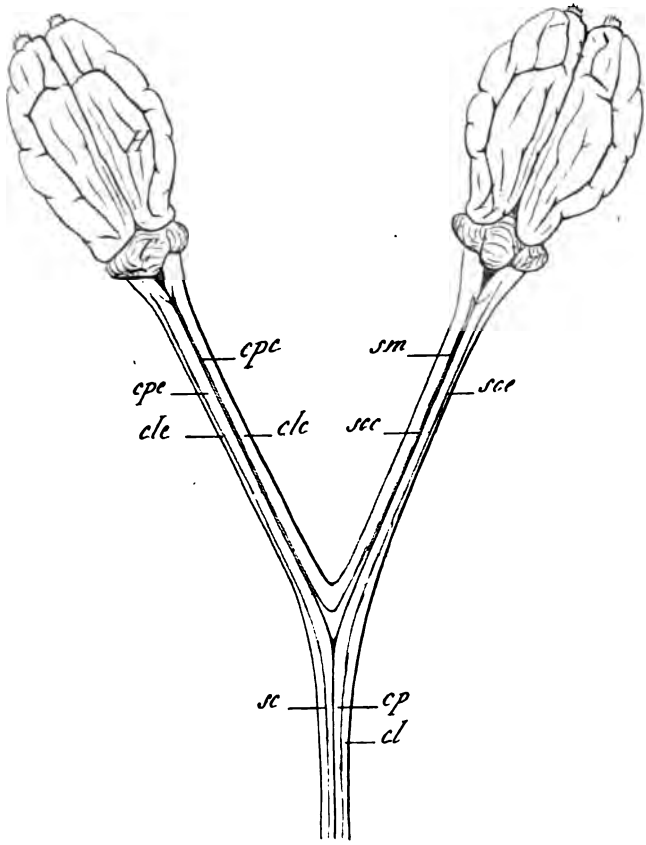


Fig. 33. — Bifurcation du névraxe donnant naissance à deux moelles cervicales et à deux encéphales. — H, cerveau; C, cervelet; *sm*, sillon médian supérieur des moelles cervicales; *sce*, sillon collatéral supérieur excentrique; *scc*, sillon collatéral supérieur concentrique; *sc*, sillon collatéral supérieur de la moelle dorsale; *cp*, cordon supérieur; *cl*, cordon latéral; *cpc*, cordon supérieur concentrique des moelles cervicales; *cpe*, cordon supérieur excentrique; *clc*, cordon latéral concentrique; *cle*, cordon latéral excentrique.

chacun de la veine axillaire et des veines jugulaires du côté correspondant; elle arrivait à l'oreillette droite du cœur en suivant la face inférieure de la trachée du sujet droit.

La veine cave postérieure n'offrait rien de particulier.

g) Appareil nerveux. — Cet appareil comprenait deux encéphales suivis de deux moelles épinières qui se réunissaient en Y à l'origine du thorax (fig. 33) et se fusionnaient si bien que, à deux ou trois centimètres de l'angle de réunion, le pied de cet Y n'était pas plus volumineux que chacune des deux branches et avait une structure parfaitement unitaire. Le spina bifida intéressait certainement l'organe, mais nous n'avons pu nous en rendre compte car il était complètement écrasé à ce niveau.

Les moelles cervicales se faisaient remarquer par une légère atrophie de leur moitié concentrique, intéressant à la fois la substance grise et la substance blanche; le cordon supérieur

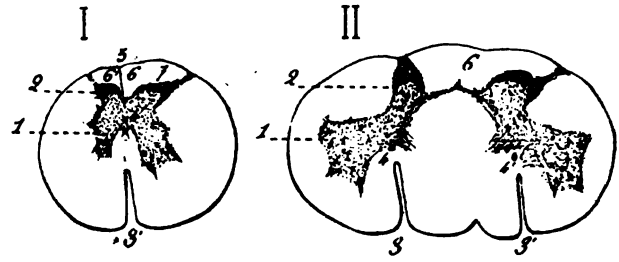


Fig. 34. — I, coupe de l'une des moelles cervicales (la droite); II, coupe de la moelle dorsale au voisinage de sa bifurcation. — 1, corne grise inférieure; 2, corne grise supérieure; 3, sillon médian inférieur de la moelle gauche; 3', sillon médian inférieur de la moelle droite; 4, canal central de la moelle gauche; 4', canal central de la moelle droite; 5, sillon médian supérieur; 6, cordon supérieur; 7, la partie de ce cordon correspondant au faisceau de Burdach.

notamment était beaucoup plus petit sur cette moitié que sur l'opposée (fig. 34, I). Des coupes pratiquées au voisinage de la bifurcation montraient le passage de la moelle simple au deux moelles; la figure 34, II, nous dispensera de décrire le mode de cette transision, qui d'ailleurs reste tout à fait indéterminé en ce qui concerne le trajet des divers faisceaux médullaires.

Les deux encéphales étaient approximativement semblables, remarquables l'un et l'autre par l'allongement du cerveau en arrière et par l'atrophie du cervelet. Le cerveau paraissait avoir été étiré postérieurement, en sorte qu'il chevauchait sur le cervelet, qui, enclavé comme un coin entre les hémisphères cérébraux et la moelle allongée, avait à peine le tiers de son volume normal. La saillie de la protubérance annulaire était réduite dans la même proportion que le cervelet; elle n'était bien apparente que vers son bord antérieur. La face interne des hémisphères cérébraux présentait, au-

dessus d'un corps calleux très peu développé, des saillies et des anfractuosités qui s'engrenaient réciproquement d'un hémisphère à l'autre. Les circonvolutions cérébrales n'offraient rien de bien particulier. Par contre, les ventricules latéraux présentaient un diverticule occipital comme dans les Primates, et il n'est pas douteux que c'est au développement de ce diverticule anormal qu'était dû l'allongement postérieur des hémisphères cérébraux, allongement qui avait transféré en arrière l'origine de la plupart des nerfs craniens, de telle sorte qu'ils n'étaient plus en regard de leurs points de sortie.

Ajoutons que la glande pituitaire n'était pas plus grosse qu'un pois.

En résumé, le monstre que nous venons d'étudier était un dérodyme monosomien faisant passage aux atlodymes.

XIII

Ceux-ci sont des monstres à deux têtes portées sur un cou et un corps simples. La colonne vertébrale ne se bifurque qu'au niveau de

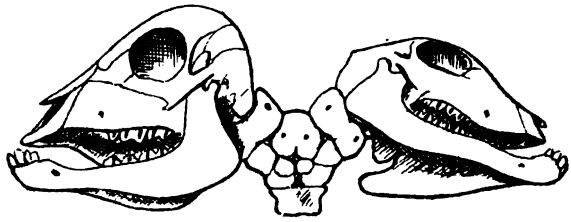


Fig. 35. — Partie antérieure du squelette d'un veau atlodyme (d'après une pièce des collections tératologiques de l'École vétérinaire de Lyon).

l'atlas pour supporter les deux têtes; elle présente tantôt deux atlas indépendants (fig. 35), tantôt un atlas double. C'est une monstruosité rare chez les mammifères, plus fréquente chez les serpents. L'organisation intérieure qu'elle comporte aurait besoin d'être élucidée. Il paraît certain toutefois que les viscères abdominaux et thoraciques sont ordinairement simples. Les premières voies digestives ou respiratoires offrent une disposition sujette à varier : chez un serpent de l'espèce trigonocéphale, I. G. S.-H. a vu les deux bouches communicantes à leur fond, les deux pharynx confondus inférieurement et continués par une seule trachée et

un unique œsophage; chez une vipère, Dutrochet signale au contraire deux trachées et deux œsophages se réunissant respectivement avant d'arriver au poumon ou à l'estomac. Bien que nous n'ayons jamais eu l'occasion d'étudier ce genre de monstres autrement que sur le squelette, nous croyons que l'unité de la trachée et de l'œsophage avec communication des deux bouches et des deux pharynx est la condition la plus ordinaire.

XIV

Après les atlodymes viennent les iniodymes, caractérisés par l'union postérieure des deux têtes, donnant lieu à un occiput

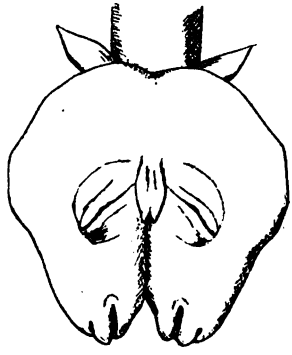


Fig. 36. — Agneau iniodyme synote.

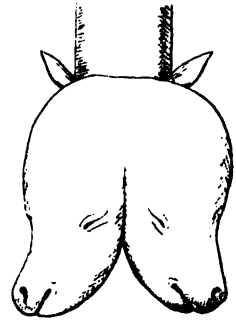


Fig. 37. — Veau iniodyme diote.

commun. Ici, non seulement le corps et le cou sont simples, mais encore la nuque. Les têtes sont en outre réunies latéralement sur une étendue plus ou moins considérable de leur région pariéto-temporale, en sorte que les oreilles concentriques sont très rapprochées l'une de l'autre, parfois soudées (fig. 36), fusionnées, voire même absentes (fig. 37), suivant le degré de la coalescence.

De nombreux cas d'iniodymie ont été enregistrés dans les annales de la science, parmi lesquels nous citerons celui publié par l'un de nous il y a quelques années [1]. Nous en ajouterons ici un nouveau qui nous fournira l'occasion d'une étude détaillée de ce genre tératologique.

Extérieur. — Il nous a été fourni par un fœtus bovin femelle, de

1. F.-X. Lesbre, Étude anatomique d'un veau iniodyme, *Bulletin de la Société d'anthropologie de Lyon* et *Journal de médecine vétérinaire et de zootechnie*, année 1896.

quatre à cinq mois de gestation, qui fut trouvé à l'abattoir de Perrache par M. Deruelle, vétérinaire inspecteur. Cet animal mesurait 0 m. 37 de la nuque à la base de la queue, 0 m. 04 entre les deux yeux internes, 0 m. 17 entre les deux bouts du nez. Le cou, le tronc, les membres étaient normalement conformés. Seule la partie céphalique se faisait remarquer par sa duplicité ; elle comprenait en effet deux têtes confondues en arrière, divergentes en avant, réunies par les tempes de telle sorte que les oreilles internes n'avaient pu se développer (fig. 37). Ces deux têtes paraissaient avoir éprouvé sur leur axe un léger mouvement de rotation en dehors.

Anatomie. — Elles étaient constituées otéologiquement comme

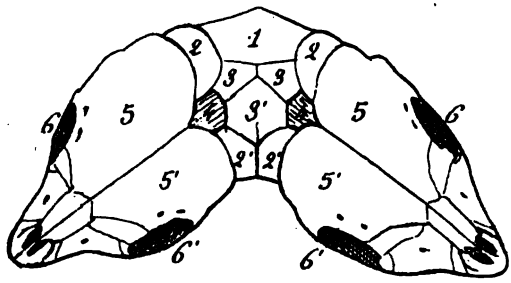


Fig. 38. — Tête osseuse d'un veau iniodyme (vue occipito-frontale). — 1, Occipital commun; 2 et 2', les pariétaux de chacune des deux têtes réunies; 3, 3, interpariétaux propres; 3', interpariétal commun; 4, fontanelles; 5 et 5', les deux frontaux de chaque tête; 6 et 6', les deux orbites, etc.

l'indiquent les figures 38 et 39. On voyait : un occipital commun, simple, mais élargi; — quatre pariétaux, deux externes ou postérieurs, deux internes ou antérieurs — ces deux derniers suturés l'un avec l'autre, — trois interpariétaux, deux postérieurs situés de part et d'autre du plan de soudure, un antérieur traversé par ce plan et en résumant évidemment deux; — deux fontanelles, situées, dans chaque tête, entre les frontaux, les pariétaux et les interpariétaux — quatre temporaux, dont les internes étaient soudés de telle sorte que leur surface articulaire destinée à la mandibule se joignait à sa congénère en formant un angle dans lequel étaient étreintes deux bulles tympaniques et deux rochers extrêmement aplatis l'un contre l'autre et plus ou moins confondus. Cette enclave auriculaire présentait à l'intérieur du crâne deux petits hiatus auditifs internes, mais n'offrait pas trace de tube auditif externe. — Les branches internes ou antérieures des mandibules prenaient

contact l'une avec l'autre et ne trouvaient place dans l'angle de séparation des deux têtes qu'en se chevauchant et se tordant un peu.

L'apophyse basilaire de l'occipital se continuait par 2 sphénoïdes; à partir de cette sorte de bifurcation, tous les os étaient en double. La voûte palatine gauche était normale, la droite était largement fissurée de manière à laisser le vomer à découvert. L'hyoïde était unique, appendu aux temporaux excentriques; on remarquait toutefois, en avant du basi-hyal, une petite pièce cartilagineuse médiane figurant certainement le rudiment d'un deuxième hyoïde.

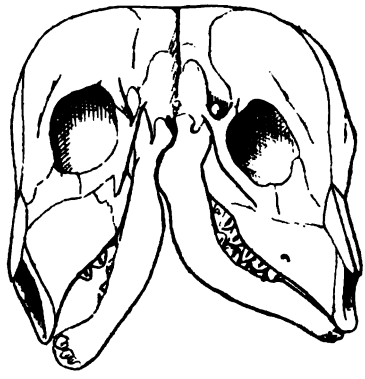


Fig. 39. — Tête osseuse d'un veau iniodyme (vue antérieure).

Tout le reste du squelette était parfaitement normal.

Comme particularités myologiques (fig. 40), nous avons noté : 1° la répartition des sterno-maxillaires entre les deux branches externes des mandibules; 2° la réunion respective des crotaphites et des masséters sur le plan de soudure; 3° la forme bifide du mylo-hyoïdien, lequel comprenait une partie postérieure commune aux deux têtes et deux parties antérieures propres à chacune; 4° l'état rudimentaire des digastriques correspondant aux branches mandibulaires internes; 5° enfin l'existence de quatre génio-hyoïdiens insérés 2 par 2 au fond des angles des branches maxillaires et se séparant ensuite pour se porter les externes au corps de l'hyoïde, les internes au cartilage signalé ci-dessus comme le rudiment d'un deuxième basi-hyal.

Les deux bouches communiquaient ensemble en arrière et les pharynx étaient réunis; en sorte qu'il n'existait à leur suite qu'un seul tube aérophore et un seul œsophage. Les langues, soudées à leur base, s'adossaient à une même épiglotte et prenaient appui sur le même hyoïde. Voici maintenant la disposition des glandes salivaires : il y avait trois parotides, deux à la base des oreilles, une troisième rudimentaire, dans l'angle des deux têtes; cette dernière trahissait son essence double en émettant deux canaux de Sténon. On remarquait aussi 3 glandes maxillaires, deux latérales et une

médiane, celle-ci occupant l'espace circonscrit par les muscles génio-hyoïdiens. Les glandes sublinguales et les glandes molaires étaient en double.

Les viscères cervicaux, thoraciques et abdominaux étaient dépourvus de toute particularité; toutes les anomalies se trouvaient dans la région céphalique. Nous n'insisterons pas sur le mode de distribution des branches des deux carotides primitives à la double tête, non plus que sur la disposition des veines en provenant, car nous avons hâte d'arriver à l'étude de l'encéphale et des nerfs craniens, qui offre un tout autre intérêt.

Fig. 40. — Dissection de la région inférieure du cou et de la tête d'un veau iniodyme. — *pc*, rudiment des deux parotides internes; *pe*, parotides externes; *sm*, glandes sous-maxillaires; *t*, trachée; 1, moitié excentrique du mylo-hyoïdien; 1', moitié concentrique; 2, ventre antérieur du digastrique; 2', le même se portant d'une tête à l'autre; 3, sterno-hyoïdien; 4, sterno-thyroïdien; 5, sterno-maxillaire; 6, omo-hyoïdien, descendant beaucoup plus bas que d'habitude; 7, mastoïdo-huméral.

Il existait 2 cerveaux complets, bien conformés, logés chacun dans une cavité propre; par contre, les deux cervelets s'étaient réunis sur la ligne médiane. L'isthme encéphalique affectait la forme d'un Y; sa bifurcation se faisait en arrière des protubérances; il y avait donc 2 paires de pédoncules cérébraux avec toutes leurs annexes, 2 ponts de Varole et un bulbe double. La coalescence des deux bulbes réunis augmentait progressivement d'avant en arrière de telle manière qu'ils se continuaient par une moelle simple. Les nerfs craniens étaient en double jusqu'à la huitième paire; on voyait en effet sortir, dans l'angle de bifurcation de l'isthme, à un demi-centimètre l'un de l'autre, les groupes formés de chaque côté par le facial et l'acous-

tique concentriques, qui s'engageaient dans le rocher médian. A une petite distance du fond de cet angle, s'échappait sur le plan de soudure un glosso-pharyngien résumant les deux glosso-pharyngiens concentriques. Au delà, on ne trouvait pas la moindre trace des Xe, XIe et XIIe paires internes.

Quant aux nerfs rachidiens, il est à peine besoin de dire qu'ils étaient tous simples puisque la moelle épinière l'était elle-même.

Variétés. — L'organisation que nous venons d'étudier en détail chez un iniodyme ne se réalise pas toujours exactement chez tous; elle est susceptible de nombreuses variétés suivant le degré et le mode de convergence des deux têtes. Par exemple on peut observer :

a) Les deux portions auriculaires des temporaux concentriques indépendantes, portant chacune une oreille bien développée;

b) Ces mêmes parties soudées seulement par la base et conservant à l'état libre leurs tubes auditifs, surmontés comme ci-devant par deux oreilles bien développées, mais en contact.

c) Ces mêmes parties complètement confondues, pourvues d'un seul tube auditif et d'une seule oreille traduisant toutefois sa duplicité par l'existence de deux conduits à sa base dont l'un peut se terminer en cul-de-sac, et parfois aussi par la division de son extrémité (fig. 36).

d) Ces mêmes parties ayant accentué leur concentration unitaire jusqu'à l'atrophie, de telle manière qu'elles ne portent qu'une oreille réduite, pourvue d'un seul conduit auditif, ou même qu'elles soient complètement dépourvues de conque comme dans le cas que nous venons d'étudier.

e). Ces mêmes parties ayant disparu totalement; un cul-de-sac cutané représente parfois une dernière trace des oreilles concentriques.

f) Enfin ni os auriculaires, ni conduit cutané, l'union des deux têtes dépassant en avant la région des tempes. C'est le terme de passage à l'opodymie.

g) Les glandes salivaires concentriques plus ou moins développées ou absentes.

h) Les encéphales à différents degrés de coalescence; ainsi les cerveaux se rapprochent parfois jusqu'à arriver au contact et même à se déformer réciproquement à leur partie postérieure; les cervelets peuvent être au nombre de deux simplement, accolés et plus ou

moins comprimés l'un contre l'autre, ou bien soudés ensemble en un organe unique portant des traces plus ou moins considérables de sa double origine; les protubérances peuvent être libres ou réunies suivant que la bifurcation de l'isthme se fait en arrière ou en avant; elles sont généralement libres; les bulbes, réunis sur une étendue variable, tendent plus ou moins à la constitution unitaire, etc.

i) Lorsque les deux têtes réunies sont posées à plat ou presque à plat, l'occipital peut offrir divers degrés de duplicité, par exemple, deux trous occipitaux correspondant à deux atlas fusionnés.

j) Un seul hyoïde ou deux hyoïdes plus ou moins confondus, ou encore un hyoïde normal avec le rudiment d'un deuxième hyoïde, comme nous l'avons vu ci-dessus.

k) Une trachée et un œsophage simples, parfois confondus, ou au contraire deux trachées et deux œsophages distincts jusque dans la poitrine.

l) Deux carotides primitives comme normalement, ou bien trois carotides, quatre carotides.

m) Un foie simple ou pourvu d'une double vésicule biliaire.

n) Les deux têtes égales ou peu différentes de volume, ou bien l'une d'elles en état d'atrophie plus ou moins avancée, etc.

XV

Les opodymes représentent le terme suivant de la série.

Dans ces monstres la soudure latérale des deux têtes s'étend jusqu'à la région oculaire, en sorte que les deux yeux internes sont très rapprochés, ou logés dans la même orbite, souvent soudés l'un à l'autre, voire fusionnés en un seul qui peut être lui-même plus ou moins imparfait et même disparaître plus ou moins complètement. Au dernier terme de l'opodymie, il ne reste plus sur le plan de soudure qu'une orbite atrésiée couverte ou non par des paupières.

On le voit, l'opodymie présente les mêmes variétés relativement aux yeux concentriques que l'iniodymie relativement aux oreilles concentriques.

Dans cette dernière monstruosité, nous avons trouvé deux cavités cérébrales pour une unique cavité cérébelleuse, tandis que dans celle-ci le crâne s'est unifié et la duplicité ne porte guère que sur la face, du moins en apparence (fig. 41 et 42).

L'opodymie est une monstruosité particulièrement fréquente chez le chat. Parmi les 14 mammifères opodymes dont I. Geoffroy Saint-Hilaire eut connaissance, il y avait 12 chats. Nous avons nous-mêmes étudié 3 opodymes de cette même espèce, dont un, qui vécut plusieurs jours, a déjà fait l'objet d'une relation dans le *Bulletin de la société d'anthropo-*

Fig. 41. — Chat opodyme.

Fig. 42. — Tête d'un autre chat opodyme.

logie de Lyon[1]; les deux autres, mort-nés et de la même portée, nous ont été donnés récemment. C'est d'après ces 3 animaux, ainsi que d'après un veau et un agneau, que nous allons faire connaître les principaux traits de structure des opodymes.

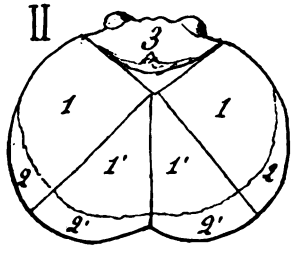


Fig. 43. — Face nuchale de la tête du chat opodyme représenté fig. 41. — 1, 1. pariétaux excentriques; 1', 1', pariétaux concentriques; 2, 2, frontaux excentriques; 2', 2', frontaux concentriques; 3, occipital.

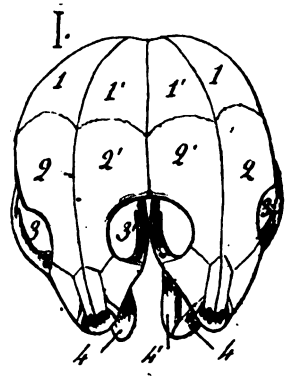


Fig. 44. — Face frontale de la tête du chat opodyme représenté fig. 41. — 1, 1, pariétaux excentriques; 1', 1', pariétaux concentriques; 2, 2, frontaux excentriques; 2', 2', frontaux concentriques; 3, 3, orbites excentriques; 3', orbites concentriques réunies; 4, 4, les deux mâchoires inférieures.

Le crâne, tout à fait simple en arrière, est manifestement double

1. Lesbre et Guinard, Étude anatomique et physiologique d'un jeune chat opodyme, *Bulletin de la Société d'anthropologie de Lyon*, 1892.

en avant : on voit en effet les deux pariétaux s'écarter l'un de l'autre pour admettre, dans leur intervalle, deux autres pariétaux plus petits, souvent confondus (fig. 43). A la suite de ces 4 pariétaux existent 4 frontaux, dont les internes se suturent l'un avec l'autre au-dessus d'une grande orbite commune aux deux faces (fig. 44). La base de la cavité cranienne montre, au-devant d'une apophyse basilaire unique, deux selles turciques confondues, deux fossettes optiques et deux paires de fosses ethmoïdales (fig. 45); il y a en

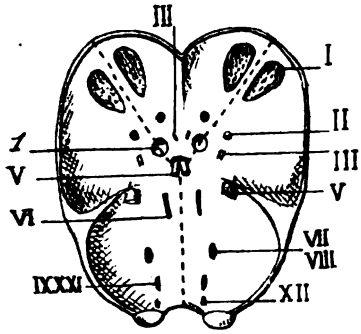


Fig. 45. — Base du crâne, vue intérieurement du chat opodyme représenté fig. 41. — I, fosses ethmoïdales; II, nerfs optiques: III, n. oculo-moteurs communs; V, trijumeaux; VI, n. oculo-moteurs externes; VII, VIII, hiatus auditif interne, où pénétraient le facial et l'acoustique; IX, X, XI, trou déchiré postérieur servant à la sortie du glosso-pharyngien, du pneumogastrique et du spinal; XII, trou condylien donnant passage au grand hypoglosse; 1, hypophyses restées dans les deux selles turciques.

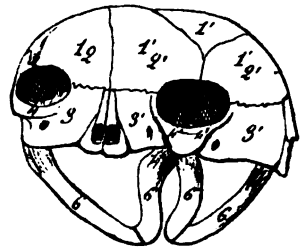


Fig. 46. — Face antérieure de la tête du chat opodyme représenté fig. 42. — 1', les deux pariétaux concentriques soudés; 1,2, frontal excentrique; 1',2', 1',2', frontaux concentriques; 3, maxillaire supérieur excentrique; 3',3' maxillaires supérieurs concentriques; 4, zygomatique excentrique; 4', les deux zygomatiques concentriques soudés; 5, orbite excentrique; 5', orbite médiane en résumant deux; 6, les branches des deux maxillaires inférieurs.

effet, deux sphénoïdes postérieurs soudés par le corps, deux sphénoïdes antérieurs réunis par les ailes internes en formant une enclave entre les deux frontaux concentriques, enfin deux ethnoïdes indépendants. Parmi les pertuis de la base du crâne, il n'y a que les plus antérieurs qui soient en double; déjà les deux trous grands ronds internes sont confondus en un seul; à partir de là, les pertuis sont disposés comme dans une tête simple. Quant aux os de la face, ils sont au complet dans l'une et l'autre tête; mais les zygomatiques internes sont ordinairement réunis au-dessous de l'orbite médiane en une saillie triangulaire terminée inférieurement par un tubercule derrière lequel s'articulent en commun les branches internes des deux mandibules (fig. 46). L'hyoïde est simple.

Les deux bouches communiquent largement ensemble derrière les branches internes des maxillaires inférieurs et s'ouvrent dans un vaste pharynx; il est rare que l'une ou l'autre ne soit pas affectée d'une fissure palatine ou palato-staphyline. Les deux langues, soudées à leur base, viennent s'adosser à l'épiglotte et prendre attache sur l'hyoïde. Il n'existe que deux parotides et deux maxillaires, chacune versant son produit au côté excentrique de la bouche correspondante. Il n'y a de même que deux amygdales.

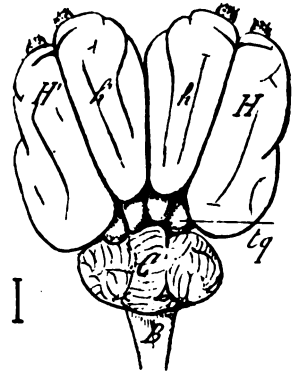


Fig. 47. — Encéphale du chat iniodyne représenté fig. 41 (face supérieure). — H, H', hémisphères cérébraux excentriques; *h*, *h'*, hémisphères cérébraux concentriques; *tg*, tubercules quadrijumeaux; C, cervelet, B, bulbe rachidien.

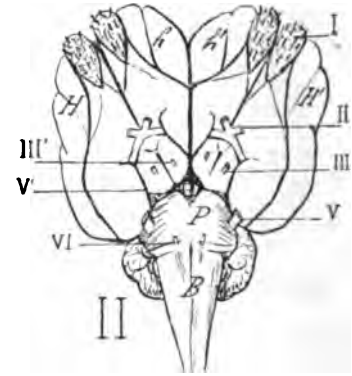


Fig. 48. — Encéphale du chat iniodyme représenté fig. 41 (face inférieure). — H, H', hémisphères cérébraux excentriques; *h*, *h'*, hémisphères cérébraux concentriques; P, pont de varole; B, bulbe rachidien; I, lobules olfactifs; II, n. optiques; III, III', oculo-moteurs communs; V, V', trijumeaux; VI, oculo-moteur externe.

Le larynx, la trachée, l'œsophage ainsi que tous les viscères pectoraux et abdominaux sont simples et normaux.

L'encéphale comprend (fig. 47 et 48) :

1° Un cervelet d'aspect normal;

2° Deux cerveaux dont les hémisphères internes comprimés l'un contre l'autre et cunéiformes n'arrivent pas jusqu'au cervelet et laissent à découvert les tubercules jumeaux. Dans un cas, nous avons vu les hémisphères excentriques se joindre l'un à l'autre à leur partie postérieure et même se commissurer de telle sorte que les deux corps calleux se réunissaient en Y;

3° Un isthme encéphalique simple postérieurement, c'est-à-dire au niveau du bulbe et de la protubérance, double au niveau des pédoncules cérébraux. On remarque en effet deux pédoncules concentriques plus ou moins atrophiés, enclavés comme des coins entre les excen-

triques, et, au-devant de chaque paire latérale de ces pédoncules, un chiasma optique. Les couches optiques ainsi que les corps striés sont au nombre de quatre, les internes plus petits en général que les externes. Les tubercules jumeaux du côté concentrique sont ordinairement comprimés et plus ou moins réduits. Notons enfin l'existence de deux glandes pinéales et de deux glandes pituitaires.

Quant aux nerfs craniens, on peut déduire leur disposition de ce qui vient d'être dit relativement au crâne et à l'encéphale. Il y a 4 lobules olfactifs, 4 nerfs optiques dont les deux internes sont

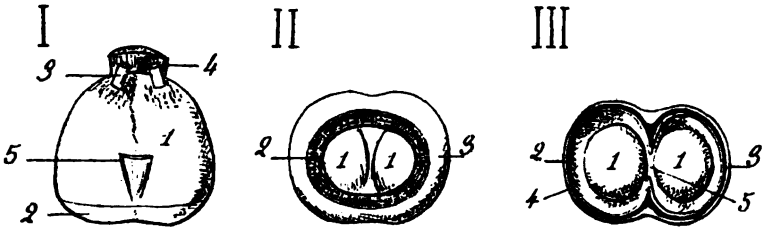


Fig. 49. — Mode de coalescence des deux yeux concentriques du sujet représenté figure 41. — I, vue inférieure; 1, sclérotique; 2, cornée; 3, n. optiques; 4, m. droits supérieurs réunis; 5, m. droits inférieurs réunis. — II, Vue antérieure après excision de la cornée; 1, 1, deux cristallins, séparés par une cloison verticale; 2, iris; 3, sclérotique. — III, coupe équatoriale, vue de l'hémisphère antérieur; 1, 1, les deux cristallins; 2, zone ciliaire de la rétine; 3, sclérotique; 4, choroïde; 5, cloison produite par l'accolement des deux choroïdes.

susceptibles de se réunir lorsque les yeux correspondants sont confondus (ils étaient indépendants dans les 3 sujets que nous avons disséqués, bien que leurs globes oculaires fussent soudés comme il sera dit plus loin). La troisième paire cranienne est en double. La quatrième est simple. La cinquième comprend 3 trijumeaux : deux latéraux n'offrant rien de particulier, un médian résumant les deux internes; ce trijumeau médian, s'échappant au niveau d'une échancrure antérieure de la protubérance, est ordinairement réduit à sa racine sensitive et encore seulement aux fibres les plus élevées de cette racine; il n'y a pas de nerfs maxillaires inférieurs pour les branches internes des mandibules, qui ne sont même pas canalisées. Nous ne pouvons rien affirmer touchant l'existence de la branche ophtalmique des yeux internes, toutefois l'insensibilité de leurs paupières constatée sur un de nos sujets porte à croire que ce nerf faisait défaut. Toutes les paires craniennes postérieures à la cinquième étaient simples.

Les yeux internes sont, avons-nous déjà dit, très souvent soudés l'un à l'autre, parfois même confondus. Nous avons constaté sur nos sujets plusieurs degrés de soudure : dans l'un il y avait résorption des sclérotiques au point de tangence et réunion des choroïdes en une cloison imperforée, en sorte que chaque organe avait sa rétine, ses milieux et son nerf optique indépendants ; dans les deux autres la coalescence avait amené une communication intérieure des deux globes, d'où étaient résultées la réunion des deux rétines et l'unification apparente des cornées et des pupilles, tandis que les deux cristallins et les deux nerfs optiques avaient gardé leur indépendance (fig. 49). Il y avait en outre disparition des muscles droits internes, réunion des droits supérieurs ainsi que des droits inférieurs, et, de plus, fusion des deux ouvertures palpébrales en une seule, aux angles de laquelle existaient deux corps clignotants. Dans le premier sujet, au contraire, il y avait 2 fentes palpébrales distinctes ; mais ces deux fentes s'ouvraient dans une même cavité, conjonctivale.

Telle était, d'une manière générale, l'organisation des trois opodymes que nous avons étudiés. Voyons maintenant les variétés que cette organisation est susceptible de présenter dans d'autres monstres du même genre.

Variétés. — *a*) Nous avons déjà signalé celles concernant les yeux concentriques, nous n'y reviendrons pas (voy. fig. 50 et 51).

b) En voici d'autres touchant les mâchoires inférieures, dont les branches internes peuvent être soudées sur une plus ou moins grande longueur et atrophiées jusqu'à complète disparition ; dans ce dernier cas, les branches externes, en se symphysant, donnent l'apparence d'un maxillaire inférieur simple et les deux bouches ne sont séparées que par une cloison musculo-membraneuse ou même sont confondues ; alors les deux arcades dentaires supérieures concentriques sont susceptibles de disparaître, en sorte que la dentition elle-même peut être simple.

c) L'hyoïde est susceptible d'offrir des traces plus ou moins manifestes de duplicité.

d) Le pharynx, le larynx, la trachée et l'œsophage sont presque toujours simples ; cependant on trouve mention, dans le traité de tératologie d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, d'un veau opodyme dont le pharynx était divisé en deux portions se continuant avec les commencements, distincts encore, de deux œsophages.

e) Les deux cerveaux sont séparés l'un de l'autre par une cloison membraneuse plus ou moins épaisse suivant qu'elle est formée par l'adossement de toutes les méninges (faulx durale), ou seulement par les deux pie-mères réunies. Leurs hémisphères internes sont plus ou moins atrophiés. Le cervelet peut offrir quelque trace de duplicité. La protubérance et la moelle allongée sont toujours simples.

f) L'une des deux têtes peut être imparfaite, par exemple privée

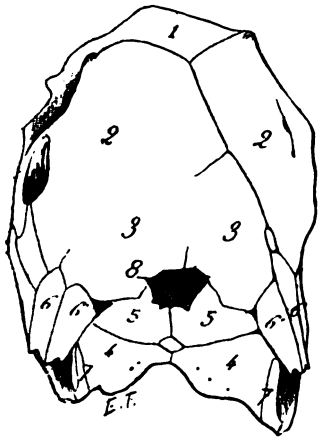


Fig. 50. — Un cas d'opodymie chez le veau, où l'orbite médiane tendait à l'atrésie (forme de passage à la rhinodymie. — 1, occipital et pariétal réunis; 2, 3, frontaux; 4, maxillaires supérieurs; 5, lacrymaux; 6, nasaux; 7, intermaxillaires.

Fig. 51. — Même tête que celle de la figure précédente, vue par-dessous; 1, apophyse basilaire; 2, condyles occipitaux; 3, bulles tympaniques; 4, racine transverse de l'apophyse zygomatique; 5, sphénoïde postérieur; 6, vomer; 7, palatins; 8, maxillaires supérieurs; 9, zygomatiques; 10, intermaxillaires.

de bouche et de mâchoire inférieure; un pareil sujet est décrit par Gurlt sous le nom de *diprosopus distans monostomus*.

g) Il peut y avoir complication de pseudencéphalie ou de diverses autres malformations intéressant l'une ou l'autre face ou toutes les deux.

h) Enfin l'opodymie peut être accompagnée de pygomélie.

XVI

La rhinodymie est un genre, créé par Joly [1], représentant le dernier terme de la série des monstres hypsiloïdes, dans lequel la duplicité de la tête ne se décèle plus que par le dédoublement de la région

1. Voy. *C. R. A. S.*, 1857, t. II.

nasale. L'auteur précité la définissait ainsi : « tête simple en arrière, mais formée en avant de deux moitiés de face tout à fait contiguës, mais non complètement soudées sur la ligne médiane; appareil oculaire atrophié ou nul, du côté de l'axe d'union; deux demi-nez contigus, séparés à leur origine par un léger enfoncement; bouche unique ». — Cette définition, tirée de l'étude d'une chatte, ne s'applique pas exactement au cas que nous allons maintenant décrire.

Il s'agit d'un bœuf de cinq ou six ans, exhibé à Lyon, il y a quelques mois, et dont la tête est représentée figure 52. Cette tête serait tout à fait simple de la partie cranienne, n'était l'existence sur la ligne médiane d'un rudiment de corne et d'un vestige oculaire, tandis qu'elle est manifestement double de la région nasale, qui se termine par deux mufles réunis, percés chacun de deux naseaux bien conformés.

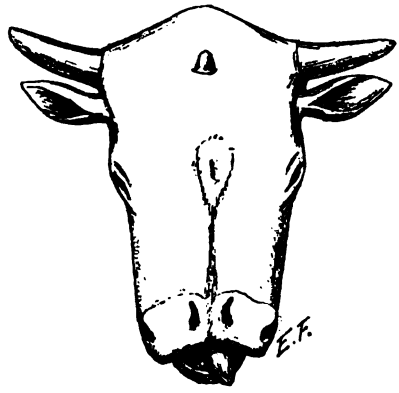


Fig. 52. — Bœuf rhinodyme.

La mâchoire inférieure, la bouche, la langue, les dents sont simples; le palais est manifestement double. La corne médiane, beaucoup plus courte que les cornes latérales, est implantée sur le front à une petite distance du sommet de la tête.

Quant au vestige oculaire, il est représenté par deux paupières immobiles circonscrivant une fente longitudinale donnant accès dans une cavité muqueuse correspondant à une petite orbite renfermant un rudiment de globe oculaire.

Ce sont là toutes les constatations qu'il nous a été donné de faire sur cet intéressant animal. Il était entendu avec le barnum que nous reviendrions à une autre heure, avant que la baraque soit ouverte au public, afin de procéder à un examen plus minutieux; malheureusement quand nous nous sommes présentés, le forain et ses « phénomènes » avaient déjà quitté la ville.

Si incomplète que soit cette observation, elle permet cependant de ranger le monstre qui en est l'objet à côté de la chatte décrite par Joly, dans le genre *Rhinodyme*. Il présente toutefois cette diffé-

rence : que, au lieu de deux demi-nez contigus, séparés à leur origine par un enfoncement, il possède deux chanfreins réunis sur toute leur longueur et quatre fosses nasales s'ouvrant à l'extérieur par autant de narines ou naseaux. Il est probable que le crâne contient encore, comme dans les opodymes, deux cerveaux, dont les hémisphères concentriques, extrêmement comprimés l'un contre l'autre, atrophiés et peut-être même soudés, présentent néanmoins leurs lobules olfactifs pour desservir les fosses nasales internes. Les

Fig. 53. — Femme rhinodyme.

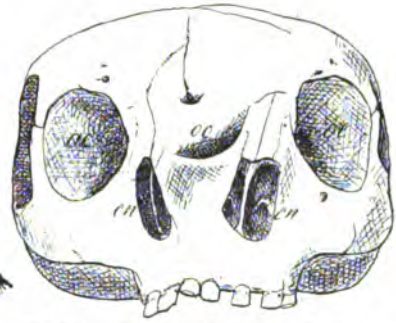


Fig. 54. — Squelette de la tête de la femme ci-contre. — *oe*, *oe*, les deux orbites normales; *oc*, vestige d'orbite médiane; *cn*, *cn*, les deux paires de cavités nasales.

nerfs optiques sont sans doute au nombre de trois. Les deux paires de fosses nasales s'ouvrent certainement dans un même pharynx auquel font suite un tube aérophore et un œsophage simples.

Ce cas est à rapprocher de la femme à deux nez du musée de Montpellier, dont l'intéressante étude anatomique a été publiée par le docteur Bimar [1].

Cette personne, qui vécut cinquante-trois ans, possédait deux nez avec quatre narines et un troisième œil atrophié entre les deux yeux normaux (fig. 53 et 54). Les deux hémisphères cérébraux étaient dépourvus de corps calleux. Un troisième hémisphère atrophié s'enclavait antérieurement entre les deux autres et représentait évidemment les moitiés concentriques des deux cerveaux réunis.

En résumé, dans tous les rhinodymes, on remarque que la

1. *Gazette hebdomadaire de Montpellier*, 1881.

bouche et la mâchoire inférieure sont uniques, par suite d'une convergence que les deux têtes confondues semblent avoir éprouvée inférieurement. On peut définir le genre ainsi qu'il suit : *tête simple en arrière et en dessous, dédoublée seulement dans la région nasale, présentant quelquefois un rudiment plus ou moins développé d'œil médian, voire même de corne médiane s'il s'agit d'un ruminant.*

Variétés. — Comme variétés de rhinodymie, on peut signaler : 1° l'existence ou l'absence d'une corne médiane ou d'un œil médian ; — 2° l'atrophie d'une ou des deux fosses nasales concentriques ; — 3° la bifurcation de la langue ; — 4° l'existence de dents plus ou moins développées sur la ligne médiane du double palais.

XVII

Avec les rhinodymes se clôt la série des monstres hypsiloïdes[1]. — En effet, si la coalescence qui nous a fait passer successivement par tous les termes de cette série éprouvait un degré de plus. nous arriverions à une complète unification, comme si les moitiés adjacentes des deux sujets réunis s'étaient complètement résorbées pour amener au contact les moitiés excentriques.

Cette conception d'un individu simple en apparence qui serait formé de deux demi-individus différents n'est peut-être pas une simple vue de l'esprit, attendu qu'il n'est pas extrêmement rare de rencontrer chez des sujets parfaitement normaux de formes extérieures et de squelette une duplicité plus ou moins étendue de certains organes internes comme le poumon, l'intestin, le foie, la verge, etc.[2] ; — on a même proposé d'appliquer à ces sujets le nom de *splanchnodymes*[3]. On dirait que les visères sont plus résistants à la concentration latérale et à la simplification que les lames et bourgeons somatiques déterminant la forme extérieure de l'être.

1. On pourrait peut-être y faire entrer aussi, sous le nom de *stomodymes*, certains monstres à double mâchoire inférieure et à double bouche, comme en ont décrit Dana J. Bietro, Bartels A., etc.? (Voy. Taruffi : Sull' ordinamento della teratologia memoria II, p. 29 ; letta alla R. Accademia delle Science dell' Istituto di Bologne, nella Sessione del 28 novembre 1897.)

2. Voyez notamment Pigné, *Bulletin de la Société anatomique de Paris*, 1846.

3. L. Blanc, Exposé d'une classification tératologique, *Annales de la Société linnéenne de Lyon*, 1852.

XVIII

Jetons maintenant un coup d'œil d'ensemble sur la série tératologique que nous venons de parcourir. Nous en enchaînerons les les principaux termes dans le tableau ci-contre, basé sur les seuls caractères extérieurs et ne comprenant que les formes symétriques ou autositaires (voir p. 404).

Nous supprimons les deux familles des sysomiens et des monosomiens d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire; ces dénominations nous servent seulement à caractériser deux sous-genres dans le genre dérodyme. N'est-il pas évident, en effet, que, d'une part, les atlodymes, iniodymes, opodymes et rhinodymes ont le corps simple? et que, d'autre part, les psodymes, xiphodymes, thoracodymes, sternodymes ont le corps plus ou moins double?... cela résulte de la définition même de chacun de ces genres. Les dérodymes, au contraire, en tant que genre de transition entre les deux groupes, affectent tantôt l'une tantôt l'autre constitution; c'est pourquoi il nous a paru logique de leur réserver les épithètes de sysomiens et de monosomiens.

Au surplus l'appellation « *sysomiens* », qui veut dire corps soudés, n'est pas tout à fait juste quand on l'applique aux psodymes, xiphodymes et thoracodymes, puisque ces divers monstres ont le corps dédoublé par bifurcation plutôt que constitué par deux corps soudés; ils sont somatodymes plutôt que sysomiens. Il nous semble logique d'employer ce dernier terme dans le même sens que celui de sycéphaliens, lequel ne désigne pas des monstres dont la tête est partiellement double et comme bifurquée, mais bien des monstres dont la tête unique est formée d'éléments plus ou moins complets de deux têtes réunies, comme on l'observe dans les janiceps, les iniopes et les synotes.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir énuméré dans le tableau ci-contre toutes les variétés possibles de monstres hypsiloïdes; les transitions et les combinaisons de caractères sont en nombre infini entre les différents genres de cette famille tératologique; d'autre part, nous avons intentionnellement éliminé toutes les formes asymétriques que Is. G. S.-H. qualifie improprement de parasitaires, c'est-à-dire toutes celles dans lesquelles l'une des branches de la bifurcation est beaucoup moins développée que l'autre.

I. — Tableau synoptique des principales formes hypsiloïdes symétriques dérivant du type ischiopage par convergence latérale des deux sujets composants.

A. Bifurcation au niveau des lombes, l'être étant porté par une seule paire de membres pelviens.

PSODYME
- *monoure* (une seule queue).
- *dioure* (deux queues).
- *pygomèle* (pourvu d'un 3e et même d'un 4e membre pelvien rudimentaire).

B. Bifurcation en bas de la poitrine.

XIPHODYME
- *monoure.*
- *dioure.*
- *pygomèle.*

C. Bifurcation vers le milieu de la poitrine.

THORACODYME
- *monoure.*
- *dioure.*
- *pygomèle.*
- *symèle* (membres thoraciques internes soudés).

D. Bifurcation en bas du cou; thorax abouchés ventralement de telle sorte qu'il existe toujours 4 membres thoraciques.

STERNODYME
- *monoure.*
- *dioure.*
- *pygomèle.*

E. Bifurcation au niveau du cou; thorax abouchés latéralement, de telle sorte qu'il n'existe généralement que 2 membres thoraciques.

DÉRODYME.

a) à corps plus ou moins double, les colonnes vertébrales restant séparées dans toute leur longueur ou ne s'unissant qu'à la partie inférieure.

Sysomien
- *monoure.*
- *dioure.*
- *pygomèle.*
- *notomèle* (pourvu d'un 3e ou même d'un 4e membre, thoracique inséré dans la région du garrot).

b) à corps simple, les colonnes vertébrales étant fusionnées en une seule jusqu'au cou.

Monosomien
- *monoure.*
- *dioure.*
- *pygomèle.*

F. Deux têtes libres, portées sur un cou et un corps simples, la colonne vertébrale se bifurquant au niveau de l'atlas.

ATLODYME
- *monoure.*
- *dioure.*
- *pygomèle.*

G. Deux têtes réunies en arrière par le côté, de sorte que non seulement le corps et le cou sont simples mais encore la région de l'occiput.

INIODYME
- *tétrote* (à 4 oreilles).
- *synote* (dont les 2 oreilles internes sont soudées mais encore distinctes).
- *triote* (à 3 oreilles, la médiane en résumant 2).
- *diotes* (à 2 oreilles).
- *monoure.*
- *dioure.*
- *pygomèle.*

H. Un corps simple portant une tête unique en arrière mais se séparant en deux faces distinctes, à partir de la région oculaire.

OPODYME
- *tétrophtalme* (à 4 yeux).
- *synophtalme* (dont les 2 yeux internes sont soudés mais encore distincts).
- *triophtalme* (à 3 yeux, le médian en résumant 2).
- *diophtalme* (à 2 yeux).
- *monognathe* (à une seule mâchoire inférieure).
- *monostome* (à une seule bouche).
- *monoure.*
- *dioure.*
- *pygomèle.*

I. Un seul corps portant une tête simple en arrière et en dessous, dédoublée seulement dans la région nasale.

RHINODYME
- *diophtalme* (à 2 yeux).
- *triophtalme* (à 3 yeux, le médian étant plus ou moins avorté).
- *triceros* (à 3 cornes).
- *schistoglosse* (à langue bifide).
- *monoure.*
- *dioure.*
- *pygomèle.*

B. — Monstres xioïdes.

Nous avons vu que tous les monstres de la série hypsiloïde peuvent offrir de la pygomélie ; or cette complication est une manifes-

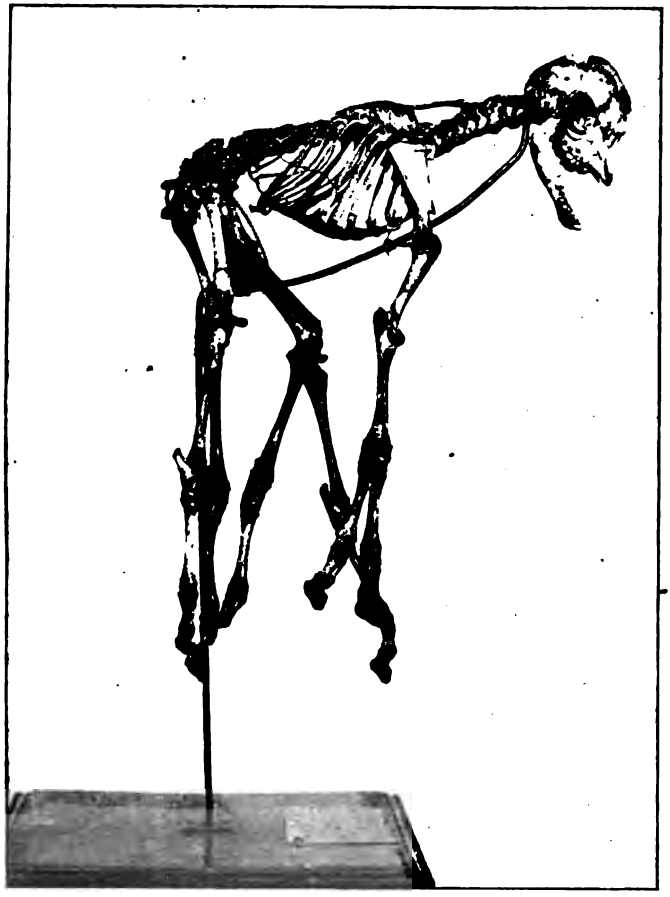


Fig. 55. — Squelette d'un agneau à la fois opodyme et iléadelphe.

tation de duplicité inférieure puisque la pygomélie n'est que de la pelvadelphie[1]. Tous sont aussi susceptibles de présenter deux

1. Voy. : Lataste, Nouvelle interprétation de la pygomélie, *Actes de la Société scientifique du Chili*, t. VII, 1897.

Anthony et Salmon, Sur un cas de schistomélie chez un jeune poulet, *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1900. — Étude préliminaire de la pygomélie. Sa place

queues. Par conséquent ceux qui sont affectés de l'une ou de l'autre de ces complications sont en réalité en forme d'X plutôt qu'en forme d'Y. Il peut arriver que la bifurcation inférieure remonte jusqu'à la région lombaire comme dans l'iléadelphie; c'est ce que l'on constate sur un squelette d'agneau faisant partie de notre collection tératologique, qui est à la fois opodyme et iléadelphe (fig. 55), et que nous allons maintenant décrire.

I

a) **Comme opodyme, ledit squelette se fait remarquer (fig. 56 et 57) : 1° par trois orbites dont la médiane offre à son fond** deux

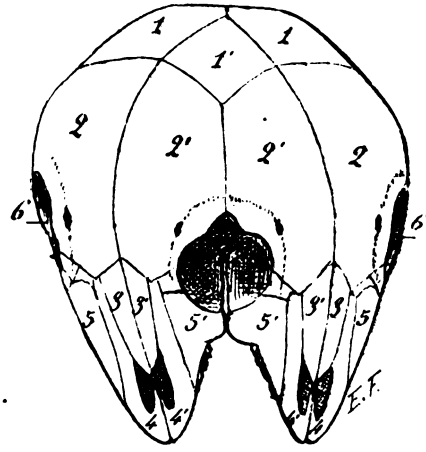


Fig. 56. — Face frontale de la tête d'un agneau opodyme-iléadelphe.— 1, 1', pariétaux; 2, 2', frataux; 3, 3', nasaux; 4, 4', intermaxillaires; 5, 5', maxillaires supérieurs; 6, 6', orbites.

Fig. 57. — Maxillaire inférieur.

trous optiques très rapprochés; 2° par une certaine convergence des deux nez; 3° par la fusion des deux bouches en une seule, pourvue

dans la classification tératologique, *Bulletin de la Société des sciences vétérinaires de Lyon*, 1904.

F.-X. Lesbre, Observations de deux vaches, un coq et une cane pygomèles, avec considérations générales sur la pygomèlie, *Journal de médecine vétérinaire et de zootechnie de Lyon*, 1900, et *Annales de la Société d'agriculture de Lyon*, 1904.

F.-X. Lesbre et E. Forgeot, Étude anatomique d'un veau pelvadelphe, *Bulletin de la Société des sciences vétérinaires de Lyon*, 1905.

d'une unique mâchoire inférieure mais de deux palais séparés par un léger intervalle. Celle-ci montre, à la jonction de ses deux branches une petite enclave (fig. 57) qu'on doit interpréter évidemment comme le vestige de deux branches mandibulaires concentriques, enclave pourvue de quatre dents, ce qui porte à douze le nombre des incisives. Les maxillaires supérieurs concentriques sont en état d'atrophie et dénués de dents. Le reste de la tête offre les caractères ordinaires de l'opodymie.

b) Comme iléadelphe, l'animal présente une bifurcation du

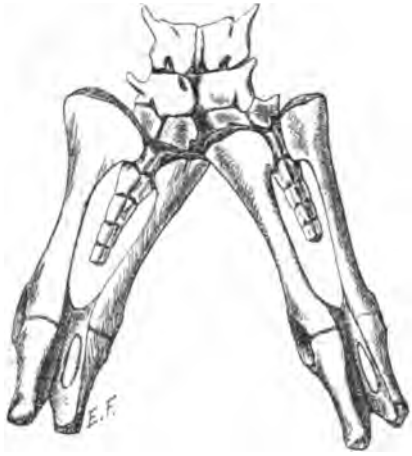


Fig. 58. — Bifurcation inférieure d'un agneau opodyme-iléadelphe.

rachis au niveau de l'avant-dernière vertèbre lombaire (6e), et, chaque branche de cette bifurcation donne appui à deux coxaux et à une paire de membres pelviens normalement constitués (fig. 58). Au-dessus de cette division, la colonne vertébrale est moins simple qu'elle ne paraît au premier abord; il est évident pour qui l'examine avec attention qu'elle résume deux rachis coalescents, bien que son canal médullaire soit simple. En effet la plupart des vertèbres lombaires présentent deux centrums pour un arc unique, et ces deux corps comprimés l'un contre l'autre et un peu tournés de côté donnent naissance dans leur intervalle à de petites apophyses ventrales qui ne sont autre chose que des apophyses costiformes concentriques, ainsi que l'indique la figure 59, I. Pareille duplicité s'observe aussi sur quelques vertèbres dorsales; l'avant-dernière présente même la singulière disposition schématisée dans la

figure 59, II : pour un seul arc, elle possède double corps et elle porte quatre côtes, deux latérales ou excentriques n'offrant rien de particulier, deux médianes ou concentriques partiellement soudées et prenant appui entre les deux centrums. La colonne vertébrale n'est tout à fait simple qu'à la partie antérieure du thorax ; le dédoublement latéral reparaît sur le corps des vertèbres cervi-

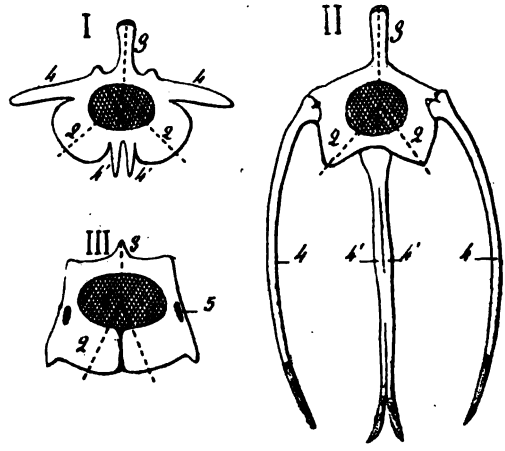


Fig. 59. — I, schéma de la 3e vertèbre lombaire vue en coupe transversale; II, schéma d'une coupe passant par l'avant-dernière vertèbre dorsale; III, schéma de la coupe transversale d'une vertèbre cervicale. — 1, canal vertébral; 2, corps vertébral; 3, apophyse épineuse; 4, apophyses costiformes ou côtes excentriques; 4', apophyses costiformes ou côtes concentriques; 5, trou transversaire.

cales (fig. 59, III). L'axis présente deux odontoïdes engagées dans l'anneau d'un unique atlas.

Il eût été intéressant d'étudier la moelle épinière; malheureusement nous n'avons eu que le squelette à notre disposition.

II

L'iléadelphie peut être associée à la plupart des formes de tératodymie, sinon à toutes. On a déjà signalé des *thoracodymes-iléadelphes*, des *sternodymes-iléadelphes* des *dérodymes-iléadelphes*, des *iniodymes-iléadelphes*, des *opodymes-iléadelphes*, et même un *rhinodyme iléadelphe*[1].

Tous ces monstres à la fois dymes et delphes étaient inconnus

1. Voy. L. Blanc, Exposé d'une classification tératologique, p. 23, *Annales de la Société linnéenne de Lyon*, 1894.

d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire. Deslongchamps en a constitué la famille des *Rachipages*[1], nom qui évoque la soudure des colonnes vertébrales.

III

On peut en rapprocher d'autres monstres composites dérivant de l'ischiopagie; en effet les deux sujets d'un ischiopage ne sont pas seulement susceptibles de se rapprocher par côté, ce qui conduit à un véritable hypsiloïde, ils peuvent aussi être rapprochés face à face

Fig. 60. — Ischio-xiphopage symèle (d'après Neveu-Lemaire).

et alors il en résulte, suivant les cas, un *ischio-xiphopage*[2], un *ischio-thoracopage*[3], un *ischio-sternopage*[4], etc., c'est-à-dire un monstre à la fois ischiopage et xiphopage, ischiopage et thoracopage, ischiopage et sternopage, etc.

La figure 60 représentant un ischio-xiphopage symèle récemment étudié par M. Neveu-Lemaire[5] donnera une idée de cette sorte de

1. Deslongchamps, Sur un monstre double monomphalien constituant un genre nouveau désigné sous le nom de rachipage, *Mémoires de la Société de biologie*, Paris, 1851 et *Gazette médicale*, 1851.
2. Voy. Leroux, *Gazette médicale de Paris*, 1863; Barkow, M. duplicia, t. I, p. 70, 1828; Serres, *Anatomie transcendante*, pl. XX.
3. Voy. Gurlt, *Lehrbuch der pathologische Anatomie der Haussäugethiere*, 1830; Barkow, M. duplicia, pl. XX.
4. Voy. Pasquet-Lebrun, *Union médicale*, 1875.
5. Neveu-Lemaire, *Bulletin de la Société zoologique de France*, 1901.

monstres, que nous réunissons avec les dymes-delphes dans la famille des *xioïdes*, c'est-à-dire des monstres en *x*. Ainsi se complète la nomenclature pittoresque imaginée par notre regretté collègue, le professeur L. Blanc, comprenant déjà les termes *hypsiloïdes* (en Y), *lambdoïdes* (en λ), *hétoïdes* (en H).

Il y a donc des xioïdes par union latérale et des xioïdes par union ventrale.

Les conditions de la soudure sont très différentes dans les deux cas. Lorsqu'elle se fait ventralement, c'est-à-dire exactement face à face, les parties soudées ne subissent aucune condensation, c'est-à-dire que l'on observe, suivant la région, une tête, un thorax, un abdomen, etc., formés des éléments complets de 2 têtes, 2 thorax, 2 abdomens, etc., ainsi qu'on le voit pour la tête des janiceps, le thorax des sternopages, le bassin des ischiopages. Mais dès que les deux sujets tournent de côté, il se fait une concentration des parties adjacentes qui peut aller jusqu'à l'absorption complète, de manière à réaliser l'unification ou à y tendre. Lereboullet déclare avoir suivi cette fusion graduelle sur le vivant, dans des œufs de brochet, et avoir vu deux bandelettes embryonnaires, unies seulement par leur extrémité postérieure, se rapprocher peu à peu l'une de l'autre et se conjoindre latéralement d'arrière en avant et dans une étendue plus ou moins grande par la fusion des prévertèbres. Une à une celles-ci se confondaient sur le plan de soudure, puis diminuaient peu à peu de volume d'arrière en avant et finissaient par disparaître totalement, de telle sorte qu'en cette région la colonne vertébrale se développait simple en englobant toutefois les deux cordes dorsales. Dans d'autres cas les deux bandelettes embryonnaires étaient soudées dès le moment où elles étaient soumises à l'observation et présentaient une gouttière cérébro-spinale unique ou bien deux gouttières juxtaposées, séparées l'une de l'autre par une traînée de prévertèbres. Alors les deux têtes étaient primitivement séparées; mais pendant l'évolution elles se rapprochaient l'une de l'autre et se soudaient en une tête unique[1].

Il y a donc une véritable attraction des parties similaires (ce

1. Voir Lereboullet, Recherches sur les monstruosités du brochet observées dans l'œuf et sur leur mode de production, *Annales des sciences naturelles*, 1863 et 1864.
C. Dareste, *Recherches sur la production artificielle des monstres*, etc., 2e édition, Paris, 1891.

qu'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire appelle l'affinité de soi pour soi) qui non seulement tend à les réunir mais encore à les concentrer et même à résorber leurs moitiés adjacentes pour les unifier. Dans l'opodyme-iléadelphe que nous avons décrit ci-dessus, on saisit pour ainsi dire ces phénomènes sur le fait : ce monstre qui, de prime abord, paraît seulement bifurqué aux deux extrémités, offre les traces d'une duplicité portant sur toute sa longueur; il est infiniment probable qu'il procédait de deux embryons distincts, ayant chacun leur notocorde et leur névraxe, mais que, par suite de leur situation rapprochée côte à côte, les névraxes se sont réunis et confondus, sauf à leurs deux extrémités, qui étaient sans doute divergentes; les notocordes, plus avancées dans leur développement, ont conservé leur indépendance et, autour d'elles se sont formées deux séries de corps vertébraux qui se sont comprimés les uns contre les autres et même fusionnés dans certains points en un axe rachidien simple. Les lames vertébrales se sont développées simples dans presque toute l'étendue des régions coalescentes, grâce à l'unification préalable des névraxes; autrement dit, les lames vertébrales concentriques ne se sont pas formées ou bien ont avorté. En définitive, au fur et à mesure que son développement se poursuivait, l'être se simplifiait de plus en plus dans sa partie moyenne, au point de ne paraître double qu'à ses deux extrémités, tandis qu'il l'était d'abord dans toute sa longueur.

Beaucoup de monstres bifurqués à l'une ou à l'autre de leurs deux extrémités offrent ainsi à la dissection une duplicité anatomique plus étendue que la duplicité extérieure. Si, d'autre part, l'on considère que les transitions sont insensibles entre les formes presque complètement doubles et celles qui ne le sont que dans une région restreinte; que même ces dernières ont tendance à se compliquer de pygomélie, de bifidité de la queue, de polygnathie, etc., on est porté à conclure à la duplicité, réelle ou virtuelle, de l'être tout entier. Le plan de soudure est la démarcation entre les deux sujets réunis : tout organe situé d'un côté ou de l'autre de ce plan appartient en propre à l'un deux; toute partie située sur ce plan même leur est commune.

Telle était l'opinion d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire et de C. Dareste à l'égard de toutes les diplogenèses : elles se constitueraient par soudure ou fusion de deux embryons distincts, jamais par division en deux d'un seul embryon.

Les recherches des embryologistes modernes, notamment Rauber, Gerlach, Mathias Duval, — les expériences de Fol, de Chabry, de de Roux, de Driesch, des frères Hertwig, etc., obligent à être moins absolu; elles montrent en effet que, pour trouver l'origine de certaines diplogenèses, il faut remonter jusqu'au début du développement et jusqu'à l'œuf lui-même; ces diplogenèses seraient dues soit à la dualité du noyau de l'œuf, soit à la fécondation d'un œuf simple par 2 spermatozoïdes (polyspermie), soit même à une action mécanique ou chimique ayant dissocié les premiers blastomères ou disloqué l'embryon procédant d'un œuf simple normalement fécondé? — N'ayant aucun fait ni argument nouveaux à présenter pour la solution de ce difficile problème, nous nous bornerons à renvoyer les lecteurs qu'il intéresse aux ouvrages de MM. Debierre[1], Mathias Duval[2], Laguesse et Bué[3], etc.

II. — Tableau synoptique des principaux monstres xioïdes.

A. Formes dérivant de l'ischiopagie par convergence ventrale des deux composants.

ISCHIOPAGE-XIPHOPAGE	*dialymèle* (les 4 membres pelviens libres). *symèle* (2 des membres pelviens soudés).
ISCHIOPAGE-THORACOPAGE	*dialymèle.* *symèle.*
ISCHIOPAGE-STERNOPAGE	*dialymèle.* *symèle.*

ISCHIOPAGE-STOMOPAGE (forme à prévoir mais non encore observée).

B. Formes dymes-delphes ou rachipages.

Thoracodyme-iléadelphe.
Sternodyme-iléadelphe.
Dérodyme-iléadelphe.
Atlodyme-iléadelphe.
Iniodyme-iléadelphe.
Opodyme-iléadelphe.
Rhinodyme-iléadelphe.

NOTA. — Dans ce tableau de la famille des xioïdes ne se trouvent pas compris les hypsiloïdes à deux queues, ni les hypsiloïdes pygomèles, qui, à la rigueur, sont bien des dymes-delphes.

1. Debierre, La théorie de la monstruosité double, *Archives de physiologie normale et pathologique*, 5e série, t. II, 1890.

2. Mathias Duval, chapitre TÉRATOGÉNIE du *Traité de pathologie générale*, publié par Ch. Bouchard, Paris, 1895.

3. E. Laguesse et V. Bué, *Journal de l'anatomie*, Paris, 1898, Sur un embryon humain dérodyme de 19 millim. et sur l'origine des monstres doubles en général.

BIBLIOGRAPHIE

The world's Anatomists[1], par H. KEMPER.

Je suis heureux de signaler cette plaquette luxueusement imprimée, ornée de 11 illustrations hors texte, dont 9 portraits, et donnant une biographie concise des anatomistes les plus célèbres. Elle mérite de figurer dans toutes les bibliothèques et rendra de grands services à tous, étudiants et savants. Je voudrais cependant voir disparaître, dans la deuxième édition, plusieurs lapsus, tels que les suivants que je me permets de signaler.

Lauth (Thomas) y est qualifié de « german anatomist » p. 37. Or, Lauth est Alsacien; il a professé en français, à Strasbourg, et, il a écrit en français ses ouvrages dont le plus connu *Éléments de Myologie et de Syndesmologie* porte la date bien française de l'an VI. C'est seulement 45 ans après la mort de Th. Lauth que l'Université allemande fut établie, par la force, à Strasbourg.

Autre erreur à la page 12 : Kemper attribue la découverte de l'organe de Corti à Matthieu Corti né en 1495 et mort en 1564. En réalité, la fine structure de l'oreille interne ne fut étudiée qu'au XIXe siècle.

Dans mon *Manuel d'anatomie et de physiologie animales*, 1892, p. 366, j'ai dit en parlant de l'organe de Corti : « C'est à M. le marquis Alphonse Corti que revient la gloire de l'avoir découvert et décrit en 1851 ». Voici la preuve de mon assertion. Alphonse Corti a publié *en français* son mémoire intitulé « Recherches sur l'organe de l'ouïe des Mammifères » dans le journal *allemand Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, t. 3, p. 109, 1851.

ED. RETTERER.

Beitrag zur ver gleichenden Rassen Psychiatrie, par ALEXANDRE PILCZ. Franz Deuticke, Leipzig und Wien, 1906.

Pilcz a fait un travail des plus intéressants sur la fréquence des maladies mentales chez les diverses races humaines. Pour en donner une

1. The world's Anatomists. Concise biographies of Anatomie Masters, from 300 B. C. to the present Time, whose Names have aborned the literature of the medical profession, by H. Kemper M. D. professor of the history of medicine in the medical College of Indiana, Indianapolis. Ind. — Revised and enlarged from the original serial publication in *the Medical Book News* (in-16 de 79 pages, 11 planches). Blakiston's Son et C°. Philadelphie, 1905.

idée, je ne saurais mieux faire que de citer quelques-unes des conclusions qui découlent des nombreuses observations rapportées par l'auteur. La race scandinave et germanique est très sujette aux affections dépressives : le suicide y est très fréquent. Les Israélites se distinguent par les troubles dégénératifs d'origine héréditaire. L'alcoolisme détermine les effets les plus désastreux chez les peuples d'Europe (Germains et Slaves); en dehors de l'Europe, le *delirium tremens* est rare. La paralysie progressive semble également propre aux Européens; malgré la fréquence de la syphilis, les autres peuples sont bien moins sujets à la paralysie progressive. La civilisation ne peut pas non plus être incriminée, car les Japonais sont peu atteints de paralysie progressive.

ÉD. RETTERER.

Structure des ganglions lymphatiques.

Richard Thomé [1] a étudié les ganglions lymphatiques chez de nombreux mammifères et il arrive aux résultats suivants : la trame est d'abord formée par des cellules anastomotiques, qui constituent un réseau protoplasmique.

Plus tard, les trabécules protoplasmiques élaborent des fibrilles conjonctives et élastiques. Il n'existe pas de revêtement endothélial à la surface du réseau trabéculaire.

Je suis très heureux de signaler ces résultats, car ils confirment de tous points les observations que j'ai faites et publiées depuis plusieurs années dans les *C. R. de la Société de Biologie*, 1900, p. 280-281, p. 334 et 349, dans le *XIIIe Congrès international de Médecine* (Section d'histologie et d'embryologie) et dans le *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1901, p. 473.

L'étude des ganglions lymphatiques des oiseaux (*C. R. de l'Association des Anatomistes*, 4e session, Montpellier, 1903, p. 184) m'a montré que les phénomènes sont au fond identiques chez tous les Vertébrés supérieurs.

Comme R. Thomé ignore mes recherches et que nous arrivons aux mêmes conclusions, il est infiniment probable qu'elles répondent à la réalité.

Bunting [2] arrive à des résultats identiques; cependant de prime abord il semble être d'un autre avis que moi sur la structure des centres germinatifs. Mais au fond il conclut, comme moi, à la présence d'un protoplasma commun. Pour lui, les petits éléments et les grandes cellules (cellules du réticulum) sont des espèces cellulaires distinctes; à mes

1. Beiträge zur mikrosk. Anatomie der Lymphknoten, *Ienaische Zeitschrift f. Naturwissch.*, t. 37, 1903.

2. The histology of lymphatic glands, *Journal of Anatomy and Physiology*, t. XXXIX, 1905, p. 55 et 191.

yeux, ce sont des formes cellulaires à deux stades différents d'évolution, mais provenant toutes deux du même syncytium.

Kling[1] est d'accord avec moi pour la structure de l'ébauche ganglionnaire : chez les embryons *humains*, cette ébauche consiste en une masse pleine et compacte. Il diffère quant au processus de la cavernisation; pour cet auteur, elle résulte d'une prolifération active des vaisseaux lymphatique, tandis qu'à mon avis, elle dérive de la fonte cellulaire du tissu plein du ganglion.

Sabin[2] trouve également que, sur les embryons de porc, l'ébauche ganglionnaire, se développe sous la forme d'un *syncytium protoplasmique* autour d'espaces lympathiques (lymph heart). C'est le syncytium qui élaborerait la trame de l'organe, tandis que les vaisseaux sanguins y amèneraient les lymphocytes.

Dans une nouvelle série de recherches[3], j'ai montré que, sur les jeunes chiens, les ganglions lymphatiques possèdent la structure et évoluent comme ceux du cobaye. D'abord à l'état de syncytium, le tissu ganglionnaire se différencie d'une part en trame et, de l'autre en éléments libres. L'histogénèse comparée et l'expérimentation nous permettent d'établir que les éléments libres proviennent de la fonte protoplasmique des cellules qui entrent dans la constitution du tissu ganglionnaire.

L'état général modifie les dimensions et la forme des éléments libres du ganglion. Ce fait que j'ai annoncé depuis longtemps a été confirmé par Firleiewitsch[4] : faisant jeûner des chats et des cobayes, cet auteur vit les ganglions lymphatiques diminuer de volume; le corps cellulaire des cellules lymphatiques subissait une réduction identique. Chez les animaux bien nourris, ces cellules étaient pourvues d'un corps cellulaire plus volumineux qu'à l'état de jeûne surtout en ce qui concernait les éléments contenus dans les voies lymphatiques du ganglion.

ÉD. RETTERER.

Introduction à la pathologie générale, par FÉLIX LE DANTEC, Félix Alcan, Paris, 1906.

Comme toute l'œuvre de Le Dantec en général, ce nouvel ouvrage n'a aucune prétention à l'érudition; il a surtout pour but de traiter une question de méthode, et cela n'est pas pour lui enlever de son mérite, bien au contraire. Le Dantec se propose, en effet, de lutter contre la narration purement chimique des faits d'immunité qui confond les variations chimiques proprement dites.

1. Studien über die Entwicklung der Lymphdrüsen, *Archiv f. mikrosk. Anatomie*, t. LXIII, p. 575, 1904.
2. The development of the lymphatic nodes in the Pig and their relation to lymph hearts, *American Journal of Anatomy*, t. IV, 1905, p. 355.
3. Des ganglions lymphatiques des jeunes chiens, *Soc. de Biologie*, 17 mars 1906, p. 355.
4. Ueber die Beziehungen zwischen Bau und Funktion der Lymphidrüsen, *Zeitschrift f. Biologie*, t. XLVII.

Dans la première partie de l'ouvrage, il fait une étude rapide de ce qui, dans les propriétés des colloïdes, peut intéresser le biologiste et il essaie de fixer les grandes lignes de la théorie physique des sérothérapies. C'est ainsi qu'il conduit le lecteur à la notion de trois hérédités distinctes : chimique, physique et symbiotique.

L'hérédité chimique, ou hérédité proprement dite, n'est autre chose, pour Le Dantec, que l'assimilation elle-même. « Une substance vivante, quelle qu'elle soit, a la propriété de construire, dans certaines conditions, par réaction avec des substances *différentes*, de la substance identique à la sienne. » C'est là la propriété vitale par excellence, c'est la seule qui, dans l'état actuel de la science, permette de caractériser la vie. Mais, ajoute Le Dantec, il faut immédiatement remarquer que, dans la nature, la loi d'assimilation n'est qu'approchée, sans quoi la variation serait impossible.

L'hérédité physique est la transmission de cellule à cellule, tant que n'intervient pas un phénomène extérieur ou une conjugaison capable de les modifier, de certaines particularités de l'état physique des protoplasmas. Le transport de l'immunité par les sérums, par exemple, serait un phénomène du même ordre que cette hérédité physique.

L'hérédité symbiotique, enfin, que Le Dantec appelle encore hérédité mendélienne ou hérédité des commensaux, est cette transmission discontinue des caractères qui se fait, dans certains croisements, d'après les lois de Mendel. Ce ne serait pas là, dans l'esprit de l'auteur, une hérédité proprement dite, mais bien une sorte de contagion dont les éléments sexuels seraient l'objet; cette fausse hérédité serait comme un accident surajouté à l'hérédité normale, de même qu'une maladie est surajoutée à la physiologie normale d'un individu.

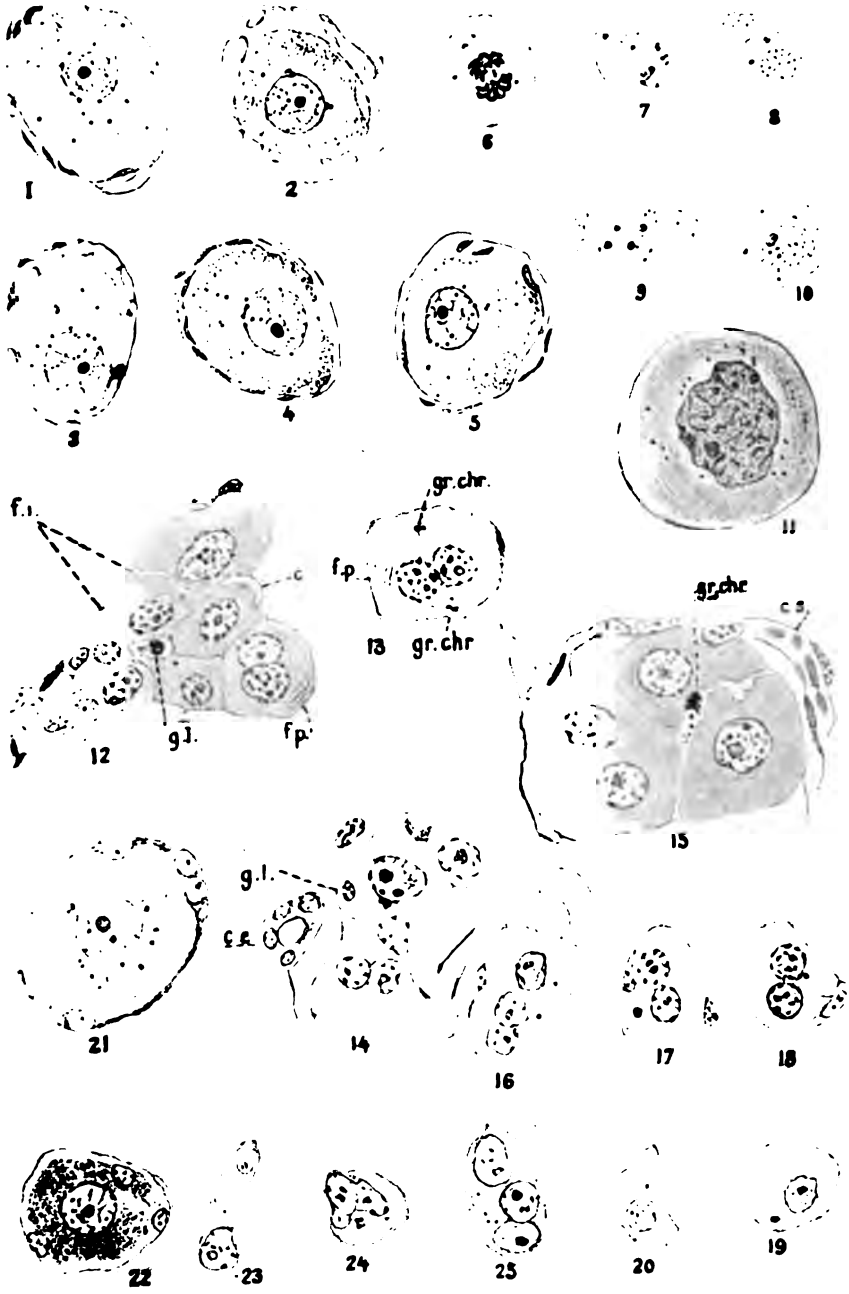
Dans la seconde partie de son livre, Le Dantec entreprend l'étude de quelques questions de détail qui lui permettent de préciser le langage préparé dans la première partie. C'est ainsi qu'après avoir fait une revue rapide de quelques types d'infection, il étudie le parasitisme, la symbiose intracellulaire et la phagocytose. Il s'étend longuement ensuite sur la résistance de l'organisme vivant aux injections de substances colloïdes et entreprend alors l'étude de l'infection proprement dite, l'étude des maladies microbiennes à éléments vivants.

Enfin ce livre intéressant se termine par un essai d'application de la méthode pathologique à la biologie normale. Tirant parti des conquêtes faites dans l'étude de l'immunité, Le Dantec montre comment le langage de l'équilibre permet de poser les grandes lignes de la différenciation cellulaire des organismes.

GUSTAVE LOISEL.

Le propriétaire-gérant : FÉLIX ALCAN.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.



Les granulations chromatiques ou nucléoïdes.

N. LŒWENTHAL

Félix Alcan, éditeur. Imp. Paul Brodard.

EXPÉRIENCES SUR L'ALYPINE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ANESTHÉSIE LOCALE

Par Ch. FÉRÉ

Médecin de Bicêtre.

Je me suis occupé depuis longtemps des rapports entre l'exaltation de l'activité avec le plaisir ou la satisfaction, d'une part, et, d'autre part, entre la dépression de l'activité avec la douleur et la peine[1]. J'ai repris ces études dans ces dernières années, en m'occupant surtout de la concordance de la capacité de travail, avec le plaisir[2], et plus récemment j'ai cherché à mettre en évidence la relation entre la fatigue et la douleur[3]; puis j'ai cherché l'effet moteur des irritations mécaniques, capables de provoquer la douleur, mais masquées par l'anesthésie locale[4]. J'ai travaillé avec l'ergographe de Mosso, sous l'influence de doses croissantes de cocaïne et de stovaïne. C'était le médius droit qui faisait l'effort, tandis que les injections anesthésiques étaient reçues par la partie supéro-externe de l'avant-bras gauche.

Dans de nombreuses expériences, l'anesthésique, mis en jeu seul, provoquait une dépression du travail total de vingt efforts répétés à une minute d'intervalle (3 gr. soulevés à chaque seconde comme d'ordinaire). Quand, à la même dose d'anesthésique et dans les mêmes conditions, à la même heure, etc., on ajoutait une irritation mécanique, une pression douloureuse, déjà utilisée précédem-

1. *Société de Biologie*, 1885 et suiv. — *Sensation et mouvement, études expérimentales de psycho-mécanique*, 2e éd., 1900. *Société de Biologie*, 1900 et suiv.
2. *Travail et plaisir, nouvelles études expérimentales de psycho-mécanique*, 8°, 1904.
3. Douleur et fatigue, *C. R. de la Société de Biologie*, 1905, t. LIX, p. 13.
4. L'irritabilité dans l'anesthésie, *Journ. de l'anatomie et de la physiologie*, 1906. p. 108.

ment[1], la dépression du travail s'accentuait très considérablement, c'est-à-dire que la réaction motrice à l'irritation persistait malgré l'anesthésie.

On sait bien d'ailleurs que la destruction des tissus peut provoquer des réactions de douleur malgré l'anesthésie efficace, que des opérés ont été anesthésiés suffisamment pour ne rien savoir de leur opération pendant laquelle ils ont crié ou gémi.

J'ai voulu chercher un contrôle en étudiant un autre anesthésique local peu expérimenté encore et surtout employé en badigeonnages des muqueuses, l'alypine, monochlorhydrate de l'alcool benzoyl 1 dont nous nous contenterons de donner la formule

$$\begin{array}{c} CH_2 - N < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \\ | \\ C_2H_5 - CO - CO.C_6H_5 \\ | \\ CH_2 - N < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} HCl. \end{array}$$

Chaque matin à la même heure, à 8 heures et demie, on a fait une injection sous-cutanée de un centimètre cube d'une solution de 1, 2, 3 et 4 p. 100. Chaque dose a été injectée deux fois : une fois isolée, et une seconde fois suivie d'une pression de 1 200 grammes commençant vingt secondes après l'injection et durant quarante secondes. La pression est toujours obtenue, comme dans les expériences citées précédemment, avec l'appareil de Bloch[2] permettant de mesurer une pression transmise par une tige métallique terminée par une surface de moins de 5 millimètres de diamètre. Cette pression est appliquée sur la région où la solution s'est accumulée sous la peau. Dans toutes les expériences le travail commence constamment une minute après l'injection. Elles sont résumées, comme les précédentes, par des chiffres qui caractérisent chaque ergogramme : le travail total des 20 ergogrammes montre bien le résultat[3].

1. *L'irritabilité*, etc.
2. A. M. Bloch, Nouveau sphygmomètre, *C. R. de la Soc. de Biologie*, 1888, p. 845.
3. Note sur l'état de la motilité dans l'anesthésie locale (expériences sur l'alypine), *C. R. de la Soc. de Biologie*, 1906, t. LX, p. 620.

Expérience I.

Sans excitation, ni aucune autre intervention.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,21	50	6,42	9,63
2	1,66	28	5,92	4,98
3	1,60	27	5,92	4,80
4	1,46	24	6,08	4,38
5	1,36	22	6,18	4,38
6	1,44	23	6,26	4,32
7	1,03	18	5,72	3,09
8	1,24	21	5,90	3,72
9	1,18	21	5,61	3,54
10	1,26	21	6,00	3,78
11	1,24	21	5,90	3,72
12	1,53	25	6,12	4,59
13	1,25	22	5,68	3,75
14	1,31	21	6,23	3,93
15	1,69	27	6,25	5,07
16	1,31	22	5,95	3,93
17	1,24	22	5,63	3,72
18	1,35	23	5,86	4,05
19	1,18	20	5,90	3,54
20	1,32	23	5,73	3,96
				36,58

Expérience II.

Une minute avant le travail une injection de un centimètre cube d'une solution d'alypine à 1 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,38	63	5,30	10,14
2	1,44	29	4,96	4,32
3	1,32	25	5,28	3,96
4	0,63	12	5,25	1,89
5	0,38	9	4,22	1,14
6	0,35	8	4,37	1,05
7	0,29	7	4,14	0,87
8	0,25	7	3,57	0,75
9	0,22	5	4,40	0,66
10	0,23	6	3,83	0,69
11	0,18	5	3,60	0,54
12	0,20	6	3,33	0,60
13	0,16	5	3,20	0,48
14	0,13	4	3,25	0,39
15	0,03	3	1,00	0,09
16	0,01	1	1,00	0,03
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				27,60

C'est cette dose faible, de 0,01, qui a procuré seule au début une excitation légère et éphémère (ergogramme 1).

Expérience III.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 1 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après vingt secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,21	41	5,39	6,63
2	1,00	18	5,55	3,00
3	0,98	18	5,42	2,94
4	0,79	15	5,26	2,37
5	0,52	11	4,72	1,56
6	0,31	7	4,42	0,93
7	0,17	5	3,40	0,51
8	0,12	4	3,00	0,36
9	0,08	4	2,00	0,24
10	0,01	1	1,00	0,03
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				18,57

Expérience IV.

Une minute avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 2 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,34	45	5,20	7,02
2	0,84	16	5,25	2,52
3	0,68	13	5,23	2,04
4	0,62	11	5,63	1,86
5	0,44	8	5,50	1,32
6	0,38	8	4,75	1,14
7	0,32	7	4,57	0,96
8	0,29	7	4,14	0,87
9	0,28	7	4,00	0,84

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
10	0,25	7	3,57	0,57
11	0,21	6	3,50	0,63
12	0,12	4	3,00	0,36
13	0,04	2	2,00	0,12
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				20,43

Expérience V.

Une minute avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 2 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après vingt secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,35	26	5,19	4,05
2	0,93	18	5,16	2,79
3	0,40	8	5,00	1,20
4	0,28	6	4,66	0,84
5	0,17	5	3,40	0,51
6	0,15	4	3,75	0,45
7	0,13	4	3,25	0,39
8	0,11	4	2,75	0,33
9	0,02	2	1,00	0,06
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0,01	1	1,00	0,03
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				10,65

Expérience VI.

Une minute avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 3 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,74	33	5,27	5,22
2	1,13	21	5,38	3,39
3	0,63	12	5,25	1,89
4	0,46	10	4,60	1,38
5	0,38	9	4,22	1,14
6	0,24	6	4,00	0,72
7	0,15	5	3,00	0,45
8	0,06	3	2,00	0,18
9	0,005	1	0,50	0,015
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				14,385

Expérience VII.

Une minute avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 3 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après vingt secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,50	10	5,00	1,50
2	0,19	5	3,80	0,57
3	0,08	3	2,66	0,24
4	0,05	2	2,50	0,15
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				2,46

Expérience VIII.

Une minute avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,46	10	4,60	1,38
2	0,17	5	3,40	0,51
3	0,07	3	2,33	0,21
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0		0
				2,10

Expérience IX.

Une minute avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après vingt secondes d'une pression de 1 200 grammes pendant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,005	1	0,50	0,015
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
			A reporter...	0,015

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
			Report...	0,015
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				0,015

Les chiffres totaux du travail montrent bien que l'alypine, comme la cocaïne et la stovaïne, provoque une impotence croissante suivant la dose et aussi qu'elle laisse s'exercer l'action dépressive de l'irritation mécanique qui serait douloureuse sans l'injection anesthésique. L'alypine paraît agir avec plus d'intensité avec la même dose que les deux autres anesthésiques locaux cités, non seulement sur la motilité, mais encore sur la sensibilité locale ; l'anesthésie semble plus intense et plus étendue.

On peut rendre plus claire l'action dépressive de l'irritation mécanique en établissant la proportion p. 100 du travail obtenu avec l'irritation mécanique s'ajoutant à l'alypine, au travail avec l'alypine seule, suivant les doses.

Doses d'alypine.	Travail avec l'alypine seule.	Travail avec l'alypine + pression.	Proportion p. 100.
0,01	27,60	18,57	67,28
0,02	20,13	19,65	52,12
0,03	14,385	2,46	10,72
0,04	2,10	0,015	0,0071

Dans d'autres expériences nous avons exploré la sensibilité visuelle avec l'échelle optométrique de Parinaud (acuité visuelle et perception de la lumière) avant ou après l'injection sous-cutanée de 0,03 d'alypine dans la partie postérieure du bras gauche. La seconde exploration montrait une diminution de l'acuité visuelle et de la perception de la lumière sous l'influence de l'injection. Les mêmes doses de cocaïne et de stovaïne injectées de la même manière ont donné des résultats analogues dans la même chambre noire et avec le même éclairage. Ces observations relatives à la sensibilité spéciale méritent d'être répétées.

Nous avons fait une seconde série d'expériences pour observer l'influence du temps sur l'action déprimante de l'activité motrice avec une dose uniforme de 0,04. Nous avons fait précéder cette série par une expérience sans intervention préalable pour servir de contrôle.

Expérience X.

Sans intervention préalable.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	3,18	51	6,23	9,54
2	1,80	30	6,00	5,40
3	1,88	30	6,26	5,64
4	1,54	25	6,16	4,62
5	1,51	25	6,04	4,53
6	1,65	27	6,11	4,95
7	1,55	25	6,20	4,65
8	1,52	25	6,08	4,56
9	1,62	26	6,23	4,86
10	1,29	21	6,14	3,87
11	1,42	23	6,17	4,26
12	1,50	25	6,00	4,50
13	1,47	25	5,88	4,41
14	1,42	25	5,68	4,26
15	1,57	27	5,81	4,71
16	1,55	25	6,20	4,65
17	1,22	21	5,80	3,66
18	1,20	21	5,71	3,60
19	1,41	24	5,87	4,23
20	1,26	23	5,47	3,78
				94,68

Cette expérience, destinée à rappeler l'activité normale en comparaison du travail sous l'influence de l'anesthésie locale, montre bien l'influence de l'exercice sur le progrès de la résistance : elle donne un gain de 9,35 p. 100 relativement à l'expérience I.

Expérience XI.

Deux minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,89	49	5,89	8,67
2	1,53	29	5,27	4,59
3	0,79	15	5,26	2,37
4	0,45	10	4,50	1,35
5	0,39	8	4,87	1,17
6	0,24	6	4,00	0,72
7	0,19	5	3,80	0,57
8	0,19	5	3,80	0,57
9	0,11	4	2,75	0,33
10	0,12	4	3,00	0,36
			A reporter...	20,70

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
			Report..	20,70
11	0,06	2	3,00	0,18
12	0,04	2	2,00	0,12
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				21,00

Expérience XII.

Deux minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche suivie, après quatre-vingts secondes, d'une pression de 1 200 grammes pendant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,11	19	5,84	3,33
2	0,52	10	5,20	1,56
3	0,41	8	5,12	1,23
4	0,16	5	3,20	0,48
5	0,18	5	3,60	0,54
6	0,14	4	3,50	0,42
7	0,09	4	2,25	0,27
8	0,07	3	2,33	0,21
9	0,08	3	2,66	0,24
10	0,04	3	1,33	0,12
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				8,40

Expérience XIII.

Trois minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,48	44	5,63	7,44
2	1,20	22	5,45	3,60
3	1,00	18	5,55	3,00
4	0,93	17	5,47	2,79
5	0,89	17	5,23	2,67
6	0,52	11	4,72	1,56
7	0,23	6	3,83	0,69
8	0,18	5	3,60	0,54
9	0,08	3	2,66	0,24
10	0,02	2	1,00	0,06
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				22,59

Expérience XIV.

Trois minutes avant le travail, injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche suivie, après cent quarante secondes, d'une pression de 1 200 grammes pendant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,23	23	5,34	3,69
2	0,58	12	4,83	1,74
3	0,59	12	4,91	1,77
4	0,38	8	4,75	1,14
5	0,19	5	3,80	0,57
6	0,13	5	2,60	0,39
7	0,02	2	1,00	0,06
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				9,36

Expérience XV.

Quatre minutes avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,43	38	6,39	7,29
2	1,55	25	6,20	4,65
3	0,90	16	5,62	2,97
4	0,66	12	5,50	1,98
5	0,53	10	5,30	1,59
6	0,52	9	5,77	1,56
7	0,40	8	5,00	1,20
8	0,39	7	5,57	1,17
9	0,31	7	4,42	0,93
10	0,24	5	4,80	0,72
11	0,10	4	2,50	0,30
12	0,11	3	3,66	0,33
13	0,07	3	2,33	0,21
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				24,90

Expérience XVI.

Quatre minutes avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie après deux cents secondes d'une pression de 1 200 grammes durant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,08	18	6,00	3,24
2	0,55	11	5,00	1,65
3	0,53	10	5,30	1,59
4	0,28	7	4,00	0,84
5	0,32	7	4,57	0,96
6	0,22	6	3,66	0,66
7	0,20	5	4,00	0,60
8	0,08	3	2,66	0,24
9	0,08	3	2,66	0,24
10	0,06	3	2,00	0,18
11	0,02	1	2,00	0,06
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				10,26

Expérience XVII.

Cinq minutes avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,90	30	6,33	5,70
2	1,40	23	6,08	4,20
3	1,31	23	5,69	3,93
4	0,79	14	5,64	2,37
5	0,36	8	4,50	1,08
6	0,24	6	4,00	0,72
7	0,27	6	4,50	0,81
8	0,20	5	4,20	0,60
9	0,19	5	3,80	0,57
10	0,14	4	3,50	0,42
11	0,10	4	2,50	0,30
12	0,05	2	2,50	0,15
13	0,03	2	1,50	0,09
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				20,94

Expérience XVIII.

Cinq minutes avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie, après deux cent soixante secondes, d'une pression de 1 200 grammes durant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,85	14	6,07	2,55
2	0,43	9	4,77	1,29
3	0,28	5	5,25	0,84
4	0,18	5	3,60	0,54
5	0,04	2	2,00	0,12
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				5,34

Expérience XIX.

Six minutes avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,26	41	5,51	6,78
2	1,27	23	5,52	3,81
3	0,58	12	4,83	1,74
4	0,29	6	4,83	0,87
5	0,13	4	3,25	0,39
6	0,06	2	3,00	0,18
7	0,03	1	3,00	0,09
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				13,86

Expérience XX.

Six minutes avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie, après trois cent vingt secondes, d'une pression de 1 200 grammes durant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,33	7	4,71	0,99
2	0,23	5	4,60	0,69
3	0,20	5	4,00	0,60
4	0,15	4	3,75	0,45
5	0,11	4	2,75	0,33
6	0,01	2	0,50	0,03
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				3,09

Expérience XXI.

Sept minutes avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	2,08	36	5,77	6,24
2	0,67	13	5,15	2,01
3	0,42	9	4,66	1,26
4	0,35	7	5,00	1,05
5	0,32	7	4,57	0,96
6	0,24	6	4,00	0,72
7	0,21	5	4,20	0,63
8	0,13	4	3,75	0,39
9	0,02	2	1,00	0,06
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				13,32

Expérience XXII.

Sept minutes avant le travail, une injection de 1 centimètre cube d'une solution d'alypine à 4 p. 100 à l'avant-bras gauche, suivie, après trois cent soixante secondes, d'une pression de 1 200 grammes durant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,81	15	5,40	2,43
2	0,38	7	5,42	1,14
3	0,37	7	5,28	1,11
4	0,32	7	4,57	0,96
5	0,20	5	4,00	0,60
6	0,14	4	3,50	0,42
7	0,08	3	2,66	0,24
8	0,01	1	1,00	0,03
9	0	0	0	0
10	0,005	1	0,50	0,015
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				6,945

On peut se rendre mieux compte des oscillations de l'influence de l'excitation mécanique au cours de l'anesthésie avec l'alypine en établissant la proportion p. 100 du travail obtenu avec l'irritation mécanique s'ajoutant à la même dose d'alypine au travail avec l'alypine seule, suivant le temps.

Temps entre l'injection et le travail.	Travail avec l'alypine seule.	Travail avec l'alypine + pression.	Proportion p. 100.
1′	2,10	0,015	0,0071
2′	21,00	8,40	40,00
3′	22,59	9,36	41,42
4′	24,90	10,26	41,20
5′	20,94	5,34	25,50
6′	13,86	3,09	22,29
7′	13,32	6,94	52,13

L'anesthésie provoquée par l'alypine, comme l'anesthésie de la cocaïne et de la stovaïne, entraîne une dépression motrice, et elle laisse persister la réaction de la douleur à la suite d'une irritation mécanique qui serait douloureuse sans l'injection de la substance anesthésiante soi-disant locale.

Cette réaction, variable d'ailleurs par son intensité, suggère une réserve : la réaction de la douleur peut persister malgré l'anesthésie cutanée, en raison de la sensibilité profonde vague, qu'on ne peut pas confondre avec la douleur. D'autre part on peut rester dans le doute sur la question de savoir si la dépression de l'activité est due à une intoxication générale, ou à toute autre cause.

Nous avons été amené à compléter ces expériences en éprouvant l'anesthésie par un agent capable de la réaliser sans pénétrer dans les tissus.

Nous avons utilisé les pulvérisations de chlorure d'éthyle pur sous la forme d'un tube Élithos de 10 grammes, dont on a usé un tiers environ à chaque expérience. On a procédé comme précédemment à la même heure. On a fait des pulvérisations dans la région où on avait fait les injections : on a produit une plaque pâle de l'étendue d'une pièce de deux francs environ, et on a travaillé de même avec l'ergographe, soit sans autre intervention, soit en pratiquant sur la plaque la pression ordinaire pendant les quarante secondes précédant le travail, soit en faisant une brûlure superficielle et rapide avec le cautère Paquelin chauffé à blanc immédiatement avant le travail. Pendant cette dernière opération le sujet a détourné les yeux pour

n'être pas averti, et, en réalité, il n'a senti que l'odeur du brûlé. Nous avons réalisé une irritation destructive exempte de douleur qui a entraîné cependant une dépression importante du travail qui caractérise la douleur.

Expérience XXIII.

Une minute avant le travail, anesthésie locale au chlorure d'éthyle à l'avant-bras gauche.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	1,70	32	5,31	5,10
2	0,94	20	4,70	2,82
3	0,83	17	4,82	2,49
4	0,62	14	4,42	1,86
5	0,59	12	4,91	1,77
6	0,51	11	4,63	1,53
7	0,20	5	4,00	0,60
8	0,22	6	3,66	0,66
9	0,23	6	3,83	0,69
10	0,21	5	4,20	0,63
11	0,10	4	2,50	0,30
12	0,10	3	3,33	0,30
13	0,07	3	2,33	0,21
14	0,07	2	3,50	0,21
15	0,07	2	3,50	0,21
16	0,05	2	2,50	0,15
17	0,03	2	1,50	0,09
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				19,62

Expérience XXIV.

Une minute avant le travail, anesthésie locale au chlorure d'éthyle à l'avant-bras gauche. Vingt secondes après l'application, pression de 1 200 grammes, pendant quarante secondes.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,47	11	4,27	1,41
2	0,38	10	3,80	1,14
3	0,31	8	3,87	0,93
4	0,26	7	3,71	0,78
5	0,18	5	3,60	0,54
6	0,20	5	4,00	0,60
7	0,14	4	3,50	0,42
8	0,10	4	2,50	0,30
			A reporter...	6,12

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
			Report...	6,12
9	0,08	3	2,66	0,24
10	0,06	2	3,00	0,18
11	0,04	2	2,00	0.12
12	0,02	2	1,00	0,06
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				6,72

Expérience XXV.

Une minute avant le travail, anesthésie locale au chlorure d'éthyle à l'avant-bras gauche, immédiatement avant le travail une pointe de feu sur la région anesthésiée.

Ergogrammes.	Hauteur totale (en mètres).	Nombre des soulèvements.	Hauteur moyenne (en centimètres).	Travail total (en kilogrammètres).
1	0,43	9	4,77	1,29
2	0,36	8	4,50	1,08
3	0,37	8	4,62	1,11
4	0,35	8	4,37	1,05
5	0,22	6	3,66	0,66
6	0,15	5	3,00	0,45
7	0,13	4	3,25	0,39
8	0,09	3	3,00	0,27
9	0,04	2	2,00	0,12
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
				6,42

Dans ces dernières expériences avec le chlorure d'éthyle, on a retrouvé les réactions précédentes. La même dépression avec quelques différences d'intensité et la même réaction à la douleur qui a fait défaut. Quelle est la cause de cette dépression? Il n'y a eu guère d'absorption de l'agent anesthésique, et il ne peut s'agir

d'une action toxique générale; on peut soupçonner l'anesthésie elle-même ou la suppression locale d'une fonction par une excitation physique intense d'avoir déterminé une dépréciation de l'activité générale. Nous avons déjà d'ailleurs observé souvent que des activités locales, distinctes de celles qu'il s'agit de mesurer, exaltent ou dépriment celles-ci suivant qu'elles sont elles-mêmes exercées ou suspendues.

C'est un effet qui mérite d'être étudié plus à fond, d'autant plus qu'il peut être rapproché d'autres observations inégalement faciles à apprécier. Non seulement les fonctions motrices peuvent être influencées par d'autres activités du même ordre, suivant qu'elles sont exercées ou immobilisées; mais les fonctions sensorielles aussi sont activées ou amoindries suivant que d'autres activités sensorielles leur sont associées ou non : la sensibilité visuelle peut être exaltée par des excitations auditives ou réciproquement, et on peut observer des influences inverses, suivant les doses.

Des sujets privés d'un sens peuvent utiliser mieux leurs autres sens, mais ces derniers ne deviennent pas plus aigus, tant s'en faut. L'intégrité de l'individu est nécessaire à son bon fonctionnement général : l'intégrité d'un membre est indispensable à l'activité du reste du corps. La suppression totale, ou même la suppression d'une portion d'un organe qui paraît étranger à l'activité physique ou mentale, les altère cependant fréquemment. La nutrition générale elle-même paraît affectée par une mutilation quelconque. Une partie si minime quelle soit de notre être concourt à la vie intégrale et en particulier à la pensée. Il ne faut porter atteinte à l'intégrité de l'individu que sous une menace de mort au moins locale : « L'esprit siège dans chaque cellule vivante du corps »[1].

1. S. V. Clevenger, *Comparative physiology and psychology*, 1885, p. 95.

COLORATIONS INTRA-VITALES ET POST-VITALES

DU TISSU OSSEUX

Par Éd. RETTERER

Chef des travaux pratiques d'histologie à la Faculté de médecine de Paris.

(PLANCHE VIII).

Dans une série de recherches antérieures, j'ai étudié[1] l'histogenèse, la structure et l'évolution du tissu osseux. Les cellules qui élaborent et édifient la substance osseuse descendent du tissu conjonctif réticulé, que ce dernier provienne directement du périoste ou qu'il résulte de la transformation et de la prolifération des cellules cartilagineuses. Les cellules du tissu conjonctif réticulé s'agrandissent et deviennent de grands éléments polyédriques ou prismatiques (ostéoblastes) dont le protoplasma périphérique se différencie en cytoplasma homogène et en réticulum chromophile. Le cytoplasma homogène se convertit en une masse amorphe qui, plus tard, se charge de sels calcaires, tandis que le réticulum chromophile s'accroît et s'épaissit pour constituer le réseau trabéculaire (chromophile et élastique) de la trame osseuse. Les cellules osseuses des Mammifères adultes et de la plupart des Vertébrés sont entourées d'une capsule complètement close, d'où émanent et rayonnent des prolongements capsulaires pleins. Il n'existe dans la substance osseuse ni canalicules osseux ni canaux du suc.

Ces résultats sont en contradiction avec les données classiques, d'après lesquelles on peut, par certains colorants, faire apparaître un système creux dans la substance osseuse (voir p. 476). En ce qui concerne, d'autre part, l'origine des lamelles osseuses, le tissu osseux se développe et s'accroît aux dépens des couches internes du périoste; de plus, le tissu conjonctif réticulé qui constitue les

1. *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1905, p. 561, et 1906, p. 193.

premiers espaces médullaires contribue à la formation et à l'épaississement des lames osseuses. Cette dernière proposition semble infirmée par l'expérimentation : en soumettant, répète-t-on depuis deux siècles, un animal à l'alimentation par la garance, puis à un régime ordinaire, on voit apparaître dans les os une couche rouge intermédiaire à deux couches blanches, l'une superficielle et l'autre profonde.

On en conclut que l'os procède du périoste seul et qu'il s'accroît constamment par l'application successive de lames nouvelles formées aux dépens des couches les plus profondes du périoste. Cette conclusion semblait d'autant plus probante que l'alimentation garancée ne teindrait plus en rouge les os de l'animal adulte.

J'ai tenté de vérifier ces faits expérimentaux et ensuite de savoir si les parties organiques ou minérales de la substance osseuse en voie de développement se colorent et si les éléments figurés ou amorphes s'imprègnent les uns et les autres de principes colorants. Les colorations intra-vitales ne peuvent fournir, c'est évident, que des résultats confirmatifs de ceux que donnent la structure et l'histogenèse; aussi ai-je fait un grand nombre d'expériences avec la garance, le bleu de méthylène, le carmin d'indigo, le rouge neutre et le rouge Congo. J'ai choisi le Cobaye, parce que j'avais à ma disposition[1] de nombreux cobayes de tout âge.

I. — Colorations intra-vitales du tissu osseux.

Voici, sous forme de tableaux cliniques, quelques-unes des observations et des expériences que j'ai faites. Tous les animaux soumis au régime garancé ont eu de l'eau à boire.

A. — Garance.

I. Jeune Cobaye mâle, pesant 250 grammes, est mis au régime du son (auquel on a mélangé de la racine de garance pulvérisée),

1. J'ai communiqué les résultats essentiels de mes recherches dans plusieurs notes à la *Société de Biologie*: 1° Technique pour l'étude du tissu osseux rougi par l'alimentation garancée (*Soc. de Biologie*, 13 janvier 1906, p. 47); 2° Effets de la garance sur le Cobaye (*Ibid.*, p. 49); 3° Des Colorations intra-vitales et post-vitales du tissu osseux (*Ibid.*, 20 janvier 1906, p. 107).

13 octobre 1905, pèse	250	grammes.
14 — —	240	—
16 — —	225	—
18 — —	215	—
20 — —	205	—
22 — —	200	—
24 — —	200	—
26 — —	220	—
28 — —	205	—
30 — —	210	—
1 novembre —	195	—
3 — —	195	—
4 — —	180	—

Meurt le 5 novembre.

II. Jeune Cobaye mâle, du poids de 235 grammes, est mis au régime garancé le 13 octobre.

14 octobre, pèse	210	grammes.
16 — —	200	—
18 — —	193	—
20 — —	188	—
22 — —	175	—
24 — —	160	—

Meurt dans la journée.

III. Jeune Cobaye mâle, du poids de 210 grammes, est mis au régime garancé le 5 novembre.

7 novembre pèse	175	grammes.
9 — —	160	—
10 — —	145	—

Meurt le 10 novembre.

IV. Jeune Cobaye mâle, du poids de 235 grammes, est mis au régime garancé le 5 novembre.

	Gramm.	Tempér.
7 novembre, pèse	205	
9 — —	205	
11 — —	205	36°5
12 — —	205	36°5
14 — —	195	36°7
15 — —	175	36°2

Est sacrifié dans la journée.

V. Cobaye mâle, du poids de 630 grammes, est mis au régime garancé le 15 novembre 1905.

	Gramm.	Tempér.
16 novembre, pèse	560	38°5
17 — —	520	38°1
18 — —	485	37°5
19 — —	470	37°3

			Gramm.	Tempér.
20	—	—	450	37°1
21	—	—	405	36°9
22	—	—	400	37°
23	—	—	420	37°8
24	—	—	415	37°7
25	—	—	415	38°1
26	—	—	415	38°2
27	—	—	415	38°3
28	—	—	415	38°3
29	—	—	420	38°4
30	—	—	400	37°5
1er décembre		—	390	37°3
2	—	—	350	37°
3	—	—	350	36°7
4	—	—	330	36°5
5	—	—	310	36°4
6	—	—	280	35°9

Meurt dans la journée.

VI. Jeune Cobaye mâle, du poids de 250 grammes, est mis au régime garancé le 7 décembre; sa température rectale est de 38°5.

			Gramm.	Tempér.
8 décembre, pèse			230	38°2
9	—	—	220	38°1
10	—	—	225	38°3
11	—	—	225	38°4
12	—	—	230	38°2
13	—	—	210	37°5
14	—	—	190	

Meurt dans la journée.

VII. Jeune Cobaye mâle, du poids de 180 grammes, mis au régime garancé le 7 décembre 1905 avec une température rectale de 38°4.

			Gramm.	Tempér.
8 décembre, pèse			170	38°3
9	—	—	170	38°4
10	—	—	170	38°2
11	—	—	152	37°6

Meurt dans la journée.

VIII. Cobaye femelle, pleine, du poids de 650 grammes, est mise au régime garancé le 5 novembre 1905.

7 novembre, pèse			560	grammes.
9	—	—	505	—
11	—	—	445	—

Est sacrifiée pour étudier l'état du squelette des embryons longs de 6 centimètres.

IX. Cobaye femelle, pleine, de 900 grammes, est mise au régime garancé le 5 novembre 1905.

	Grammes.	Tempér. rectale.
7 novembre, pèse	765	
11 — —	750	38°
13 — —	745	37°8
14 — —	725	37°5
15[1] — —	680	
16 — —	700	38°
17 — —	675	37°7
18 — —	670	38°2
19 — —	667	38°5
20 — —	650	38°
21 — —	645	38°1
22 — —	640	38°
23 — —	635	38°2
24 — —	610	37°6
25 — —	600	38°
26 — —	585	37°7
27 — —	555	37°4
28 — —	530	37°
29 — —	515	37°3
30 — —	480	36°7

L'animal, très faible, est sacrifié le 1er décembre, à 10 heures du matin.

En résumé, les animaux soumis au régime garancé (son mêlé de racine de garance pulvérisée) maigrissent et dépérissent. Je n'ai pas vu survenir des troubles digestifs, tels que la diarrhée; les animaux, il est vrai, deviennent moins vifs; ils sont fort altérés et boivent fréquemment. Du Hamel avait noté le fait sur les pigeons. Plus l'animal est fort et pesant, puis il perd journellement (de 14 à 20 grammes par jour). Les jeunes cobayes perdent moins, mais ils succombent bien plus rapidement que les adultes. A aucun moment, je n'ai constaté d'élévation de température. L'abaissement de la température ne se produit chez les adultes que vers le 20e jour. Les très *jeunes* cobayes présentent, dès les premiers jours, un abaissement de 1 ou 2 degrés et ils ne supportent le régime garancé qu'un temps fort court.

Les phénomènes les plus saillants se manifestent du côté des organes génito-urinaires. Il suffit d'un régime garancé de quelques jours pour provoquer chez les mâles (jeunes ou adultes) du priapisme : le pénis fait alors saillie hors du fourreau et reste constamment en demi-érection.

1. Le 15 novembre le cobaye expulse deux embryons longs de 5 centimètres.

Quant aux femelles, celles qui sont pleines avortent vers le 5e, 6e ou 7e jour; après l'avortement, elles peuvent vivre encore deux ou trois semaines tout en restant soumises à l'alimentation garancée.

B. — **Bleu de méthylène.**

I. Cobaye de 370 grammes est mis le 6 janvier 1906 au régime du son mêlé de poudre de bleu de méthylène.

8 janvier, pèse	370	grammes.
10 — —	270	—

Le 11, il meurt et ne pèse plus que 250.

II. Cobaye de 450 grammes est mis au régime du son et du bleu de méthylène le 23 janvier 1906.

24 janvier, pèse	420	grammes.
25 — —	395	—
26 — —	365	—
27 — —	360	—

Meurt dans la nuit.

III. Cobaye de 450 grammes est mis au régime du bleu de méthylène le 28 janvier; de plus, je lui injecte sous la peau du crâne 3 centimètres de bleu de méthylène dissous dans une solution de sel physiologique.

29 janvier, même injection de 3 cc., pèse	430	grammes.
30 — — —	385	—
31 — — —	345	—

Il est sacrifié dans la journée.

C. — **Rouge neutre** (Neutralroth) **et rouge Congo.**

I. Cobaye de 350 grammes est mis au régime du son mêlé de poudre de rouge neutre.

6 janvier, pèse	350	grammes.
8 — —	285	—
9 — —	269	—

Meurt dans la journée.

II. Cobaye de 420 grammes est mis au même régime le 23 janvier.

25 janvier, pèse	415	grammes.
26 — —	395	—
27 — —	335	—

Meurt dans la journée.

III. Cobaye de 520 grammes est mis le 4 février 1906 au régime du son mêlé de rouge neutre. On lui fournit de l'eau à boire.

5 février, pèse	470	grammes.
6 — —	450	—
7 — —	425	—
8 — —	400	—
9 — —	390	—
10 — —	360	—

Meurt dans la journée; le squelette et les reins sont rouges.

IV. Cobaye de 520 grammes est mis le 12 février au régime du son mélangé de rouge neutre; de plus, il reçoit tous les jours une injection sous-cutanée d'une solution de rouge neutre.

13 février, injection de	4	cc., pèse	510	grammes.
14 — —	4	—	450	—
15 — —	4	—	420	—
16 — —	3	—	370	—

Est sacrifié dans la journée.

V. Cobaye de 470 grammes reçoit des injections sous-cutanées (sous la peau du crâne) d'une solution concentrée de rouge Congo.

23 janvier, injection	3	centimètres	cubes.
24 — —	8	—	—
25 — —	7	—	—
26 — —	3	—	—

Est sacrifié dans la journée.

Outre l'ingestion et l'injection, j'ai appliqué avec de l'ouate le rouge neutre, le rouge Congo et le bleu de méthylène directement sur les os dénudés du crâne.

Pour vérifier les faits annoncés par J. Arnold (voir p. 476), j'ai injecté à plusieurs grenouilles plusieurs centimètres cubes de carmin d'indigo. J'ai obtenu, en ce qui concerne le tissu osseux, les mêmes images que J. Arnold; ces images étaient identiques à celles que fournit le bleu de méthylène, c'est-à-dire que les capsules et les prolongements capsulaires se teignent en bleu (voir p. 477).

II. — Technique pour l'étude du tissu osseux coloré pendant la vie.

A. *Garance* — L'examen à l'œil permet de constater que les cartilages vasculaires et les os spongieux, jeunes et adultes, sont

rougis par la garance. Il est insuffisant, quand il s'agit de décider si l'os *compact*, d'apparence blanche, contient des couches rouges.

En enlevant avec la scie de minces lamelles osseuses, et en les usant sur la pierre, on obtient des coupes assez minces pour y étudier la distribution des couches incolores ou colorées par la garance.

Serres et Doyère, Lieberkühn, puis Kölliker ont employé ce procédé. Strelzoff montait de plus les coupes dans la glycérine et les conservait à l'obscurité.

Lieberkühn a prétendu que les principes de la garance, l'alizarine, en particulier, combinée à la chaux, sont insolubles dans l'alcool, c'est-à-dire que les os teints par un régime garancé restent rouges dans l'alcool. Je n'ai pas eu la chance de confirmer ce fait, car les os de mes animaux expérimentés que je mettais dans l'alcool se décoloraient très vite.

Schreiber (voir p. 474) a également pu conserver la couleur des os rougis par le régime garancé en traitant les os par l'alcool ou le formol. Le formol ne m'a pas donné des résultats meilleurs que l'alcool. Au lieu de décalcifier ou d'user l'os sur la pierre, Schreiber préfère enlever au rasoir ou au scalpel de minces fragments osseux. Il examina les *frais* dans la solution physiologique de sel marin, et l'os *fixé* dans la glycérine ou le baume.

Ces divers procédés ne m'ont pas donné de résultats satisfaisants : ils ont le grave inconvénient d'altérer la teinte, qui s'efface peu à peu. Après de nombreuses tentatives, j'ai réussi à conserver dans les préparations microscopiques la couleur des os rougis pendant la vie par la garance.

Voici la méthode qui m'a permis de faire ces préparations persistantes. Je ne parle ici que des tissus squelettiques, bien qu'elle puisse s'appliquer, dans une certaine mesure, aux membranes et aux organes mous.

Les tendons, les cartilages ou les os non calcifiés encore, ont une consistance suffisante pour être coupés entre deux morceaux de moelle de sureau. Quant à l'os calcifié, j'enlève de minces lamelles avec le scalpel ou j'use sur la pierre les coupes faites à la scie. Je déshydrate rapidement les lamelles ou les coupes d'os, puis je les inclus dans du baume sec : à cet effet, je chauffe un morceau de baume de Canada sur la lamelle couvre-objet jusqu'à disparition des

bulles d'air, puis, à l'aide d'une pince, je porte et je renverse la lamelle sur la lame qui supporte l'objet déshydraté, et, après y avoir exercé une douce pression, je refroidis rapidement. Je possède des préparations qui datent de 8 à 9 mois et j'ai la satisfaction de constater que la couleur rouge et les nuances intermédiaires entre le rouge et le jaune s'y sont parfaitement conservées.

B. *Bleu de méthylène.* — Après avoir coloré le tissu osseux vivant par le bleu de méthylène, je mets les os soit dans le *picrate d'ammoniaque*, soit dans le molybdate d'ammoniaque. J'applique, en un mot, pour avoir des préparations persistantes, à l'os coloré par le bleu de méthylène, la technique que j'avais employée pour le cartilage[1].

C. *Carmin d'indigo, rouge neutre et rouge Congo.* — Les os colorés pendant la vie au carmin d'indigo sont mis dans l'alcool qui précipite et fixe le carmin d'indigo. Quant au rouge neutre et au rouge Congo, je me suis borné à examiner frais les os rougis pendant la vie par ces colorants.

III. — Exposé des faits de coloration intra-vitale.

A. *Os rougis par l'alimentation garancée.* — On continue à répéter que l'os seul rougit pendant l'alimentation garancée. C'est là une erreur que Serres et Doyère avaient déjà relevée. Le sang est rouge foncé et tous les organes vasculaires possèdent même teinte, du moins au voisinage des vaisseaux. Le foie est couleur gelée de groseille, le rein est rouge, et, sur les coupes, on voit les glomérules de Malpighi congestionnés et rouge foncé. Les membranes vasculaires (pie-mère, mésentère) sont gorgées de sang et rouge foncé. Il en va de même de la rate, des ganglions lymphatiques, du tissu adipeux, etc.

Les organes conjonctifs peu vasculaires (tendons, aponévroses) ont leur couleur naturelle, sauf le long des vaisseaux sanguins. Sans parler de l'épiderme qui s'est coloré par sa surface externe, on voit le derme rouge foncé partout où il est parcouru par des vaisseaux sanguins. Les muscles sont également rouge foncé.

1. Voir pour les détails le *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1900, p. 478.

Kastschenko (voir. p. 474) avait noté quelques-uns de ces faits sur la grenouille.

Quant à la *teinte* que prend le squelette pendant le régime garancé, elle dépend de plusieurs conditions, dont la principale est la plus ou moins grande vascularité des tissus. Cette considération avait échappé à la plupart de nos devanciers qui ignoraient la structure et l'évolution de l'os.

Les cobayes longs de 4, 5 à 6 centimètres possèdent des segments squelettiques constitués essentiellement par du cartilage vasculaire. De minces lamelles osseuses, périchondrales et non calcifiées encore, entourent la masse cartilagineuse. A partir de cet âge, apparaissent de fines lamelles osseuses qui transforment le cartilage vasculaire en un *tissu osseux spongieux*; les travées osseuses circonscrivent de larges aréoles remplies de tissu conjonctif très vasculaire telles que je les ai représentées (fig. 1, p. 199 de mon mémoire cité, 1906). Un pareil tissu osseux, coloré pendant la vie par la garance, se teint en rouge vif dans toutes ses parties.

Plus tard, après la naissance, les travées osseuses de la diaphyse des os longs s'épaississent, les espaces médullaires primitifs se rétrécissent et se limitent à un canalicule : à l'œil nu, ce tissu devenu compact paraît blanc, bien qu'une mince zone osseuse colorée en rouge entoure le vaisseau de Havers. Les couches périphérique (sous-périostique) ou périmédullaire montrent, au contraire, une couche ou virole osseuse rouge, parce qu'un tissu conjonctif très vasculaire confine à ces parties osseuses.

Les os courts, larges, ou les épiphyses, offrent un aspect tout différent : leur masse principale continue à rester formée de tissu spongieux à aréoles remplies de tissu médullaire, très vasculaire. Aussi le régime garancé a-t-il pour effet de colorer en rouge vif les épiphyses, les os courts et les os larges.

Ces faits non seulement nous rendent compte des résultats différents que produit l'alimentation garancée chez les animaux jeunes et adultes, mais ils nous permettent d'expliquer et de juger les conclusions des expérimentateurs du XVIIIe et du XIXe siècle. A cette époque, on ignorait la texture différente des os jeunes et adultes; le plus souvent, on se bornait à l'examen, pratiqué à l'œil nu, de la diaphyse des os longs qu'on croyait formés des mêmes lamelles à épaisseur et à disposition identiques à tous les âges.

Pour interpréter l'aspect blanc de la diaphyse adulte et la teinte rouge de la diaphyse du jeune animal, on supposa que les couches osseuses déjà formées ne fixent pas la garance, tandis que l'os en voie de formation prend la teinte rouge. Cette hypothèse erronée fut le point de départ de toutes les conclusions fausses qu'on tirait de ces observations en ce qui concerne le processus de l'ossification.

Le *jeune* pigeon a toujours été l'animal de choix pour ce genre d'expériences, tandis que le pigeon adulte semblait peu favorable. L'état et l'évolution de leur squelette nous en donnent la raison. Au sortir de l'œuf, le squelette du pigeonneau est presque entièrement cartilagineux comme celui d'un embryon de cobaye de 4, 5 ou 6 centimètres de long. Les premiers jours, 2 à 4 jours après la naissance, les vertèbres cartilagineuses deviennent vasculaires; il en est de même du sternum, du bassin, des phalanges. Les segments squelettiques des membres commencent, de plus, à montrer une mince couche ou croûte osseuse qui se développe aux dépens du périchondre ou périoste.

Sur un pigeonneau de douze jours, la diaphyse du fémur montre, outre la couche osseuse périostique, des traînées de cartilage calcifié traversées de larges espaces vasculaires et de minces cloisons osseuses. Du centre de la diaphyse, les vaisseaux sanguins s'étendent vers les extrémités, qui sont à leur tour envahies par les vaisseaux sanguins. Ce cartilage vasculaire n'est entouré vers les extrémités diaphysaires que d'une mince couche osseuse périchondrale.

Les phalanges d'un pigeonneau de 5 à 6 jours sont entièrement composées de cartilage, sauf toutefois le milieu de la diaphyse dont le centre est constitué par du cartilage vasculaire, entouré d'une mince couche osseuse périchondrale.

Les phénomènes de l'ossification sont essentiellement les mêmes chez les mammifères et les oiseaux; les différences portent sur l'âge : à la fin du premier mois seulement, le squelette du pigeon se trouve au stade de développement qui correspond à celui du chien ou du chat à la naissance : tissu osseux spongieux, c'est-à-dire pourvu de larges espaces médullaires qui peu à peu élaborent des systèmes de Havers et se transforment en tissu compact.

Après cet aperçu rapide sur l'évolution du squelette, je passe à la description des points qui sont rougis par la garance.

Les cartilages paraissent incolores même dans leurs portions calcifiées; mais si l'on examine, à la lumière réfléchie ou transmise, les coupes des cartilages costaux, par exemple, on reconnaît, à la surface du tissu cartilagineux incolore, c'est-à-dire dans le périchondre, une virole rouge au niveau des vaisseaux, et, jaune orangé dans l'intervalle des vaisseaux sanguins.

Quant au *tissu osseux*, il m'a paru être devenu plus fragile sous l'influence du régime garancé. Chez les pigeons, il en est de même, d'après Du Hamel.

La coloration apparente du tissu osseux varie selon l'âge.

Chez les *jeunes* Cobayes, la diaphyse des os longs est rouge, tandis que celle des Cobayes adultes paraît incolore. Cette apparence différente tient au développement inégal des lamelles osseuses et du tissu conjonctif qui remplit les espaces médullaires ou canaux de Havers. Chez les jeunes animaux, les lamelles osseuses sont minces et séparées par des aréoles vasculaires très larges; d'où une teinte rouge uniforme. Chez l'adulte, l'os compact paraît incolore, parce que les lames osseuses sont épaisses de 0 mm. 03 à 0 mm. 07 et traversées par des canaux vasculaires larges de 0 mm. 01 seulement. A l'examen miscroscopique, le tissu osseux proprement dit est coloré à tout âge de la même façon : les sections des canaux de Havers et de Volkmann donnent l'impression d'un semis de points rouges, qu'entoure une zone osseuse colorée en rouge. Il en est de même sous le périoste et autour de la moelle où existe une virole rouge qui atteint dans le tibia et les phalanges, par exemple, une épaisseur de 0 mm. 03 à 0 mm. 04.

Partout où les lames osseuses sont épaisses et les vaisseaux espacés (lames compactes entourant les os longs, courts et larges), l'os rougit peu par la garance. Il en va tout autrement pour des os composés de lamelles minces séparées par du tissu conjonctif très vasculaire (diaphyses des animaux jeunes, épiphyses, portions centrales des os courts et plats). Toujours ce tissu spongieux rougit vivement par l'alimentation garancée. Il est facile d'étudier la coloration de ce tissu osseux. Il suffit d'enlever avec une pince quelques lamelles de ce tissu spongieux et de les monter en préparation persistante (fig. I, pl. VIII). Le tissu médullaire est teint en rouge sombre. Les lamelles osseuses périphériques (2, 2) sont rouge vif sur une épaisseur de 0 mm. 02 à 0 mm. 06, c'est-à-dire

comprenant une ou deux rangées de cellules osseuses. Vers la profondeur (3, 3) cette teinte rouge vif passe au rose, puis au rouge orangé, à l'orangé et enfin au jaune.

En ce qui concerne les éléments du tissu osseux qui sont colorés par la garance, voici ce qu'on observe à un grossissement suffisant : le protoplasma amorphe du noyau, du corps cellulaire ainsi que la masse amorphe de la substance osseuse sont seuls teints par la garance ; les grains et le réticulum chromatiques du noyau, le réticulum chromophile du corps cellulaire, la capsule et les prolongements capsulaires ont conservé leur apparence sombre ou foncée. Il est facile de s'assurer qu'il ne s'agit pas de canalicules remplis d'air, car l'os frais montre la même apparence.

En comparant ce dessin aux images que j'ai publiées après fixation et coloration post-vitale, on se convainc que la structure du tissu osseux est la même pendant la vie qu'après l'action des bons fixateurs.

En résumé, les lamelles cartilagineuses ou osseuses qui sont en contact avec les vaisseaux sanguins se colorent à tout âge sur une épaisseur de 0 mm. 01 à 0 mm. 05. Si les vaisseaux sont rares et espacés (tissu cartilagineux non vasculaire et os compact), le tissu paraît incolore à l'œil nu ; si les lamelles cartilagineuses ou osseuses sont parcourues et traversées de nombreux vaisseaux, le cartilage et le tissu osseux (spongieux) sont rouges. C'est là ce qu'on observe dans les épiphyses, les os courts et larges des animaux de tout âge.

En d'autres termes, la garance ingérée dans le tube digestif passe dans le sang qui prend une teinte rouge foncé et qui communique la même couleur à tous les organes vasculaires, du moins aux parties qui avoisinent les vaisseaux sanguins. Les tissus non vasculaires restent incolores. L'os se comporte comme les autres organes : la substance osseuse qui est au contact immédiat des vaisseaux prend une teinte rouge vif, qui se continue par une zone carmin, pour passer plus loin au rouge orangé, puis à l'orangé et enfin au jaune.

Quel que soit l'âge de l'animal, le tissu osseux possède les mêmes affinités, la même élection pour la garance, mais il rougit sur une étendue de quelques centièmes de millimètre seulement, à partir des vaisseaux sanguins. Le cartilage vasculaire et en voie d'ossifi-

cation se colore d'une façon aussi intense que le tissu osseux qui avoisine les vaisseaux sanguins. Il offrira par conséquent une teinte rouge vif.

Le rouge Congo et le rouge neutre agissent comme la garance : Au contact des vaisseaux sanguins, l'os rougit sur une certaine étendue. Les éléments osseux qui se colorent en rouge sont : 1° la masse amorphe de l'os; 2° le cytoplasma homogène de la cellule; 3° l'hyaloplasma du noyau. Les éléments figurés de l'os sont peu ou point teints par le rouge neutre ou le rouge Congo.

B. *Bleu de méthylène.* — Le bleu de méthylène ne se porte pas sur les mêmes éléments du tissu osseux que la garance, le rouge neutre et le rouge Congo. Comme le montre la figure II, pl. VIII, les granulations et le réticulum du noyau et du corps cellulaire sont teints en bleu, tandis que le protoplasma amorphe est à peu près incolore. Le bleu de méthylène a une grande affinité pour la capsule et les prolongements capsulaires auxquels il confère une teinte bleu foncé; la masse amorphe reste à peu près incolore bien qu'elle soit traversée et cloisonnée en tous sens par le réticulum bleu des prolongements capsulaires.

Le *carmin d'indigo* injecté deux fois par jour sous l'épicrâne ou dans les sacs lymphatiques de la grenouille fournit, en ce qui concerne la coloration du tissu osseux, des images analogues à celles du bleu de méthylène. Ce sont les éléments figurés du tissu osseux qui prennent la couleur. C'est donc à tort que J. Arnold (voir plus loin, p. 476) a cru injecter ainsi un système creux ou canalicules du suc du tissu osseux.

Ce qui prouve que nous avons affaire à des colorations intravitales, c'est qu'il suffit de cesser l'usage des substances sus-mentionnées pour voir disparaître toute coloration, sans qu'il survienne de nécrose dans les éléments du tissu osseux.

Ces expériences nous renseignent quelque peu sur la *vitalité* et la *colorabilité* du protoplasma vivant. Ces questions sont, chacun le sait, des plus controversées (voir plus loin l'historique, p. 479) : pour les uns, l'hyaloplasma, pour les autres, les filaments et le réticulum chromophile sont vivants à l'exclusion l'un de l'autre. D'autres encore admettent l'égale vitalité de ces deux espèces de protoplasma, mais ils la refusent aux produits d'élaboration, aux enclaves et aux déchets contenus dans la cellule. Quant à la *colo-*

rabilité, les uns soutiennent que le protaplasma vivant ne fixe pas les principes colorants et que les granula, les enclaves ou les vacuoles se colorent, parce qu'ils ne sont pas formés de matière vivante. Les avis sont tout aussi partagés en ce qui concerne la colorabilité du noyau vivant.

Si nous nous en tenons aux résultats fournis par l'os, il est manifeste que tous les éléments du tissu osseux sont vivants, quoique à des degrés divers. L'os se nécrose, en effet, dès que la substance osseuse ou les cellules sont lésées. Or, les principes colorants qui arrivent au contact du tissu osseux vivant pénètrent par diffusion à travers la substance osseuse qui est pleine. La colorabilité de l'os est alors subordonnée à la nature des principes colorants, qui s'accumulent et se concentrent dans l'un ou l'autre élément de l'os. Les éléments figurés (du noyau, de la cellule et de la substance osseuse) montrent plus d'élection pour le bleu de méthylène et le carmin d'indigo, tandis que les parties amorphes (nucléoplasma, hyaloplasma du corps cellulaire et de la substance osseuse) ont plus d'affinité pour la garance, le rouge Congo et le rouge neutre.

Autre fait qui me paraît intéressant : les colorations intra-vitales du tissu osseux permettent d'établir une distinction entre les propriétés du nucléoplasma et des éléments figurés du noyau : l'hyaloplasma nucléaire se comporte à l'égard du rouge neutre et de la garance comme le protoplasma homogène de la cellule et de la substance amorphe de l'os, tandis que les filaments et le réticulum du noyau prennent le bleu de méthylène et le carmin d'indigo à la façon des éléments figurés du tissu osseux.

IV. — Colorations post-vitales.

Serres et Doyère (voir p. 476) eurent l'idée d'enfoncer dans les muscles pectoraux d'un pigeon soumis au régime garancé des fragments d'os *morts*. Après les avoir retirés le lendemain, ils les trouvèrent colorés de la même teinte (par places) que le squelette de l'oiseau lui-même. Ils en conclurent que, dans l'un et l'autre cas, la couleur rouge de l'os n'est qu'un effet de teinture.

Quelque frappante et intéressante que soit cette expérience, elle

ne comporte nullement les conclusions qu'ils en ont tirées. Elle ne montre que les apparences et ne nous renseigne en aucune façon sur les phénomènes intimes de la coloration des éléments anatomiques.

Voici les essais que j'ai tentés pour juger des différences de coloration qui se produisent dans l'os *vivant*, *en voie de mortification* ou complètement *mort*.

A. *Tissu osseux en voie de mortification.* — Des os enlevés sur des animaux venant d'être sacrifiés sont mis à colorer pendant 24 heures : 1° dans une solution lithinée de garance (garance bouillie dans une solution concentrée de carbonate de lithine); 2° dans une solution aqueuse de rouge neutre; 3° dans une solution aqueuse de bleu de méthylène.

Dans ces conditions post-vitales, la *garance* colore la masse amorphe de l'os en rouge, ainsi que l'hyaloplasma du noyau et de la cellule osseuse. La capsule et les prolongements capsulaires sont incolores.

Le *rouge neutre* colore la substance osseuse amorphe en rose pâle; la cellule et le noyau deviennent rouge vif; la capsule est peu distincte, mais de chacune de ses extrémités part un prolongement rougeâtre qui se teint plus que la masse amorphe.

Le *bleu de méthylène* donne des images identiques à celles que j'ai obtenues après fixation de l'os frais, puis coloration par la thionine ou le bleu de toluidine (*Journal de l'anatomie*, 1905, p. 569, fig 2 et 3).

B. *Os frais fixé dans l'alcool.* — Le *rouge neutre* colore la cellule osseuse, la capsule et les prolongements capsulaires en rouge vif, tandis que la masse amorphe de la substance osseuse reste rose ou rouge orangé.

La *solution lithinée de garance* teint en brun rougeâtre la cellule et la substance amorphe de l'os, mais laisse une apparence foncée ou sombre aux capsules et aux prolongements capsulaires.

Le *bleu de méthylène* colore l'os fixé par l'alcool comme l'os en voie de mortification.

B. *Os fixé frais, puis décalcifié.* — J'ai montré dans mon *mémoire cité*, 1905, p. 565, que la fixation précise, puis les colorations progressives ou régressives mettent en relief les portions figurées du tissu osseux et les différencient nettement des parties

amorphes. Les images qu'on obtient ainsi correspondent de tous points à celles que fournissent les colorations intra-vitales ou celles que donne le bleu de méthylène appliqué sur l'os frais.

Ces constatations sont importantes, depuis que A. Fischer et d'autres ont voulu attribuer les différentes structures du protoplasma à l'action des réactifs coagulants. Dans le tissu osseux, le protoplasma *vivant* possède une structure granuleuse et réticulée dans une portion du noyau, du corps cellulaire et de la substance osseuse; mais, à côté du protoplasma granuleux et réticulé, coexiste, dans chacune de ces parties, un protoplasma homogène ou hyaloplasma.

On a l'habitude de désigner, avec Flemming, les éléments figurés du noyau sous le nom de *chromatine*, en raison de leur affinité pour les colorants. Dans le même ordre d'idées, j'ai employé le nom « d'éléments chromophiles » pour les parties granuleuses et figurées du cytoplasma cellulaire, afin de les distinguer du protoplasma homogène ou hyaloplasma.

Excellents pour définir les éléments examinés dans diverses conditions post-vitales, ces termes cessent d'être conformes à la réalité, si on les applique au tissu osseux teint sur le vivant par des principes colorants, tels que la garance ou le rouge neutre. Ces dernières substances se portent, en effet, presque exclusivement sur les protoplasmas homogènes et amorphes du tissu osseux, qui méritent également, dans les conditions intra-vitales, le nom de *chromatiques* ou de *chromophiles*. Il faudra donc trouver une terminologie qui convienne à la fois aux phénomènes de coloration intra-vitale et post-vitale.

V. — Parties du tissu osseux qui fixent les principes colorants.

Pour Rutherford (voir l'historique, p. 460), le phosphate de chaux se combine chimiquement avec les principes colorants de la garance et y constitue une *laque*. C'est au moment où le phosphate de chaux sort du sang pour prendre place dans l'os que les principes colorants de la garance se combinent avec lui.

Gibson, au contraire, pense que la coloration a lieu dans le tissu tout ossifié. C'est un phénomène de teinture dans lequel le phosphate joue le rôle de mordant.

Serres et Doyère sont entièrement de l'avis de Gibson; pour ces expérimentateurs, nous le savons, un fragment d'os enfoncé sous la peau d'un animal soumis au régime de la garance se colore comme les os vivants du même individu. Milne Edwards[1] adopta cette opinion : « La fixation de la garance sur les sels calcaires du tissu osseux est un phénomène analogue à celui dû à l'action des mordants dans la teinture d'une étoffe et n'est aucunement liée au travail nutritif. »

Weiscke, puis Strelzoff (voir p. 470) sont arrivés à des résultats opposés : décalcifiant les os des pigeons rougis par la garance, ils ont vu qu'après le départ des sels calcaires, la substance organique ou osséine conserve une teinte rouge. Kastschenko a constaté même chose sur les os de grenouille.

Rappelons, d'autre part, que Flourens, après avoir soumis des femelles pleines au régime de la garance, avait constaté la couleur rouge des os du fœtus. Il en avait simplement conclu que la garance passe du sang maternel dans le sang de l'embryon.

Sachant que le tissu osseux se développe chez les embryons avant que les sels calcaires y apparaissent, j'ai repris les expériences de Flourens et j'ai nourri des femelles pleines avec du son mélangé de garance. Comme je l'ai déjà dit (p. 441), ces femelles avortent vers le 6e ou 7e jour et les embryons longs de 4, 5 ou 6 cm. ont leur squelette osseux teint en rouge. Pour m'assurer que cette teinte n'est pas due à une coloration post-vitale, j'ai sacrifié d'autres femelles dès le 4e ou 5e jour, et j'ai constaté sur les embryons vivants la même teinte rouge du squelette.

Voici l'état du squelette.

Chez les embryons de cobaye longs de 4, 5 à 6 cm., le tissu osseux est déjà développé dans la diaphyse des os longs et dans la voûte du crâne, mais il n'est pas encore calcifié. Aussi peut-on y pratiquer des coupes comme sur le cartilage, *sans décalcification préalable*. La diaphyse des os longs, qui est à l'état de cartilage vasculaire, est rouge sombre, grâce aux nombreux vaisseaux qui sillonnent les espaces médullaires. Sous le périoste existe une zone osseuse rouge vif ou rose, épaisse de 0 mm. 04 à 0 mm. 05. A partir de la ligne de résorption, le cartilage des épiphyses est inco-

1. *Physiologie et Anatomie comparée*, t. VIII, p. 127.

lore. Les os de la voûte du crâne, le pariétal, par exemple, est constitué par une table externe sous la forme d'une lame osseuse continue, épaisse de 0 mm. 05. La table interne, qui n'est épaisse que de 0 mm. 01 à 0 mm. 02, est réunie à l'externe par des trabécules osseuses, de 0 mm. 05 à 0 mm. 06 de long, qui circonscrivent des aréoles vasculaires de 0 mm. 10 à 0 mm. 15.

La pie-mère et les espaces médullaires sont rouge foncé, tandis que les nuances des lamelles osseuses varient entre le rose vif et le rouge orangé. Pour ce qui est de la colorabilité des éléments osseux, les principes colorants de la garance se portent avec élection sur le protoplasma amorphe, quelle que soit la teinte rouge vif, rose, rouge orangé ou orangée que prenne la lamelle osseuse. La masse amorphe ou hyaloplasma de la substance osseuse, puis le protoplasma de la cellule et du noyau fixent la garance, à l'exclusion de la chromatine du noyau, du réticulum chromophile de la cellule, de la charpente capsulaire et des prolongements capsulaires.

Il est possible que sur l'os vivant les sels calcaires se combinent également avec les principes colorants de la garance; mais la teinte rouge que prennent les os embryonnaires encore libres de sels calcaires prouve que la masse amorphe de la substance osseuse fixe les principes colorants de la garance. Cette masse amorphe ou hyaloplasma se comporte à cet égard comme l'hyaloplasma du corps cellulaire ou du noyau. Les éléments figurés du noyau et du corps cellulaire, la capsule et les prolongements capsulaires ont peu ou point d'élection pour la garance.

VI. — Résultats.

La structure du tisu osvsseux *ivant* est identique à celle que nous décèle la coloration du tissu osseux fixé frais. Les parties figurées y préexistent; la fixation ne fait que conserver des éléments préformés, que les colorants définissent et différencient ensuite avec plus de netteté. L'élection des éléments osseux vivants n'est pas la même pour tous les colorants : la garance et le rouge neutre colorent spécialement les protoplasmas homogènes et les masses amorphes, tandis que le bleu de méthylène et le carmin d'indigo se portent plutôt sur les éléments figurés. Ces deux espèces

de principes colorants permettent de reconnaître dans le noyau, la cellule et la substance osseuse l'existence de deux protoplasmas distincts, l'un homogène et amorphe, l'autre figuré. Cette distinction n'est plus possible dans le tissu en voie de mortification; le protoplasma amorphe tend à se colorer comme le protoplasma figuré. Bien que les bons fixateurs du tissu osseux frais en conservent toute la structure préformée, les teintes qu'on obtient par coloration progressive ou régressive varient avec la nature du fixateur. Malgré ces variations de couleur, les bons fixateurs confirment l'existence des protoplasmas amorphes et figurés dans toutes les parties de l'os. Ces deux protoplasmas ont une structure dissemblable, une élection spéciale pour les colorants différents et une affinité particulière pour un seul et même colorant.

C'est principalement la substance organique du tissu *vivant* qui se combine avec les principes colorants (exemple : os embryonnaire non calcifié).

VII. — Expérimentation avec la garance. — Historique.

A. *Examen à l'œil nu.*

Le régime garancé teint en rouge les os des jeunes animaux et colore peu ou point les os des animaux adultes : tel est le résultat apparent auquel sont arrivés les expérimentateurs qui se sont bornés à examiner les os à l'œil nu ou à la loupe. Pour l'expliquer, ils ont admis les uns que l'os en voie de formation se colore seul, les autres que la matière colorante se combine aux sels calcaires, pendant que ceux-ci se déposent dans la substance osseuse. Les traités classiques continuent à reproduire ces propositions, qu'ils regardent comme des vérités démontrées. La coloration par la garance ne nous apprend rien, nous l'avons montré plus haut, sur le processus de l'ossification; elle porte aussi bien sur l'os en voie de résorption que sur l'os qui se développe (voir p. 445).

Les premières observations relatives à l'action de la garance datent du XVIe siècle. Antoine Mizaud[1] vit la garance (*rubia tinctorum*) colorer

1. *Memorabilium, sive arcanorum omnis generis, etc.*, Centuriae, p. 161, 1572.

les os de l'animal vivant : les brebis qui en mangent pendant quelques jours présentent un squelette osseux teint en rouge.

Belchier[1], en dinant un jour chez un teinturier en toiles peintes, s'aperçut que les os d'un morceau de porc frais, *servi sur la table*, étaient rouges. Cet animal avait été nourri avec du son de farine qui avait servi à nettoyer les indiennes ou toiles peintes surchargées d'une infusion de racine de garance.

Pour savoir si c'était la garance qui faisait le changement de couleur des os, il répéta cette expérience sur un coq. Il mêla de la poudre de cette racine avec les aliments ordinaires qu'on destinait au coq. Cet animal mourut après en avoir mangé 16 jours. Il le disséqua et fut surpris qu'en si peu de temps la racine eût agi. Les os se trouvèrent partout rouges : d'où il conclut que c'était à la garance seule qu'il fallait rapporter cet effet. Les os les plus durs prenaient plus de cette couleur que les os tendres, à l'exception cependant de l'émail des dents qui, dans le porc, conserve toute sa blancheur.

Du Hamel[2] répéta ces expériences sur les poulets, les pigeons et les porcs. Il prit quatre forts poulets, les enferma dans des cages et leur donna du gruau de froment dans lequel il mêla la racine de garance pulvérisée. Ses poulets burent beaucoup, car cette racine les altérait. Il en mourut un le 10e jour; un autre deux jours après : ils avaient les os couleur de rose; 3 jours après, mourut le 3e, bien que Du Hamel diminuât la quantité de garance dans ses aliments. Au 4e poulet, Du Hamel rendit la liberté. Les os des poulets n'étaient colorés qu'en rose.

Pour avoir des os rouges, il fit l'expérience sur des pigeonneaux, qu'il empâta en leur faisant avaler des boulettes de gruau et de garance. Tandis que les pigeonneaux témoins étaient vifs et gras, les pigeonneaux qu'on empâtait avec le gruau et la garance digéraient mal, étaient tristes et fort altérés.

Sur les animaux nourris pendant dix jours avec l'aliment composé, « les longs tendons osseux qui se prolongent le long du gros os, qu'on appelle improprement la *jambe des oiseaux*, étaient rouges vers le milieu de leur longueur qui est la partie la plus dure. Tous les vrais os, même les plus déliés, étaient rouges comme du carmin, et par endroits ce rouge était si foncé, qu'il paraissait presque noir. Dans ces jeunes oiseaux, tous les os ne prennent pas également la teinture rouge : les plus durs sont ordinairement plus colorés que ceux qui sont plus tendres; on aperçoit même une différence de ce genre dans un seul os, car le milieu qui a plus de solidité que les extrémités est presque toujours plus rouge.... Le grand os de la patte qu'on nomme communément *l'os de la jambe* était sensiblement moins rouge que les autres. »

Tous les autres organes se sont trouvés de leur couleur naturelle. Sur

1. *Philosophical Transactions*, t. XXXIX, 1736.
2. Sur une racine qui a la faculté de teindre en rouge les os des animaux vivants, *Mémoires de l'Académie royale des sciences*, 1739, p. 1.

un dindon que Du Hamel a nourri avec la garance, M. Morand a observé que « la capsule vitrée était d'un rouge cramoisi, sans que l'humeur vitrée fût teinte. » Cette prétendue capsule vitrée n'était que le *cercle osseux* de la sclérotique.

« Les os des pigeons étaient d'un rouge de carmin fort vif, dans quelques endroits d'un rouge cramoisi et j'en ai quelques-uns d'un bel orangé, mais je n'ai pu découvrir d'où venait cette différence. Ces os teints étant rompus frais... m'ont paru plus gros et plus remplis de moelle, mais aussi plus spongieux et d'un tissu moins serré et plus aisé à rompre que les os blancs des pigeons empâtés avec le gruau seul.

« Les parties les moins dures de ces os rouges s'écrasaient entre les doigts qui en restaient teints et cette teinture ne vient pas de la moelle, car elle reste dans son état naturel, comme toutes les autres parties molles. Les mêmes parties des os blancs ne s'écrasaient pas de même. »

Du Hamel croit que la fragilité et la boursouflure des os teints sont dues « à l'interposition de la fécule colorante de la garance entre les lames osseuses ». En regardant ces os avec une forte loupe, leur surface la plus lisse parait percée d'une infinité de petits trous dans lesquels on aperçoit la fécule colorante.

« Si l'on se sert d'un microscope qui grossit davantage, on voit une espèce de réseau de fibres qui se divisent et qui se réunissent pour former des mailles. Sous ce premier réseau qui parait blanc, sans doute parce qu'il est fort éclairé, on en apperçoit un autre un peu rouge et sous celui-ci un troisième et même un quatrième encore plus coloré; enfin le fond de toutes ces mailles est d'un rouge très foncé et le tout ressemble assez à un morceau de bois dépouillé de son écorce. Il semble que cette espèce d'injection faite par la voie de la digestion pourrait conduire un habile anatomiste à des découvertes très utiles sur la nature et la formation des os. »

On le voit, Du Hamel prenait le tissu osseux pour un système de fibres et de canaux analogue à celui du bois; dans les mailles ou intervalles de ces fibres se déposait la substance de la garance. Il n'avait aucune idée de la structure du tissu osseux et confondait les vaisseaux colorés en rouge avec les minces lamelles osseuses également rouges qui les entourent.

Citons encore une autre série d'expériences.

Du Hamel[1] nourrit un cochon de six semaines pendant un mois avec la nourriture ordinaire, « dans laquelle on mettait tous les jours une once de garance grappe; au bout de trois mois, on supprima la garance et, l'ayant nourri à l'ordinaire, on le tua.

1. Sur le développement et la crue des os des animaux, *Mémoires de l'Acad. royale des sciences*, 1742, p. 365.

« Sur les coupes transversales des os de la cuisse et de la jambe, la moelle était entourée d'une couche d'os blanc assez épaisse (couche formée pendant les six premières semaines sans garance).

« Ce cercle d'os blanc était environné par une zone aussi épaisse d'os rouge; c'était la portion d'os qui s'était formée pendant l'usage de la garance.

« Enfin, cette zone rouge était recouverte par une couche assez épaisse d'os blanc; c'était la couche d'os qui s'était formée depuis qu'on avait retranché la garance à cet animal.

« Le second animal était âgé de deux mois quand on le mit à l'usage de la garance; on lui en donna pendant un mois, puis on le remit aux aliments ordinaires; enfin, on lui donna encore pendant un mois de la garance et on le tua.

« Les os de la jambe de cet animal avaient alternativement deux couches blanches et deux rouges, parce qu'on l'avait mis deux fois à l'usage de la garance.

« Le troisième a été traité comme les précédents, excepté qu'on a fini par le remettre à la nourriture ordinaire pendant plusieurs mois, ce qui fait que ses os sont recouverts par une couche blanche et qu'il les faut scier pour découvrir les deux rouges. »

Il conclut : « Dans l'arbre comme dans l'animal, les lames qui enveloppent la moelle, sont celles qui s'endurcissent les premières et celles-ci sont fortifiées par des couches qui se détachent de l'écorce pour les arbres et du périoste pour les os, ce qui fait l'augmentation de grosseur.

Pour vérifier cette hypothèse, Du Hamel (*Ibid.*, 1742, p. 365) varia ses expériences : il suspendit pendant quelque temps le régime de la garance chez les animaux qui y avaient été soumis. Trois cochons furent nourris pendant un mois par des aliments mêlés de garance et on les remit au régime ordinaire. L'os qui se forme pendant le régime de la garance est *rouge* et celui qui se forme pendant le régime ordinaire est *blanc*. Si on remet l'animal après cela au régime de la garance, l'os présentera un cercle rouge *externe*, un cercle blanc *moyen*, et un cercle rouge *interne*.

Du Hamel note cependant que le cercle moyen rouge se continue insensiblement avec le cercle blanc interne. Tant qu'une lamelle osseuse n'est pas transformée en os définitif, de nouvelles portions de substance osseuse peuvent, d'après Du Hamel, s'y interposer ou s'intercaler.

Donc, les os croîtraient en épaisseur par superposition de couches formées par l'intermédiaire du périoste, ou d'une matière interposée entre le périoste et l'os. Du Hamel admettait également que l'interposition du suc osseux entre les molécules joue un certain rôle, surtout pour l'agrandissement du canal médullaire.

Voici en quels termes Du Hamel précise sa pensée : « J'ai tâché d'éta-

1. Cinquième Mémoire sur les os, *Mémoires de l'Académie royale des sciences*, 1743, p. 111.

blir, dans le mémoire précédent, que les os croissent en grosseur par l'extension des couches osseuses non endurcies, qui produit l'élargissement du canal médullaire et par la suraddition des couches du périoste, qui, en s'ossifiant, forment l'épaississement des parois de ce canal. »

Après avoir injecté les vaisseaux sanguins, Du Hamel vit que « ces vaisseaux se divisent dans le périoste en une infinité de ramifications qui, par leurs fréquentes communications, forment une espèce de réseau : entre les vaisseaux qui forment ce réseau il y en a quelques-uns de plus gros que les autres qui traversent toutes les lames osseuses et qui vont se distribuer à la moelle, à la membrane médullaire ou au périoste interne et enfin aux lames nouvellement ossifiées des os du fœtus » (*loc. cit.*, p. 117).

Du Hamel[1] dit : « Quand j'ai nourri des animaux un peu grands alternativement avec de la garance et sans garance, j'ai remarqué qu'à l'extrémité de leurs os, si je finissais par des aliments ordinaires, il y avait un espace qui n'était point du tout teint de rouge, pendant que plus près de la partie moyenne on voyait dans le tissu spongieux des plaques blanches mêlées les unes avec les autres. »

En résumé, Du Hamel a vu des zones se colorer sous l'influence du régime garancé; mais, à cette époque, on n'avait aucune idée de la structure du tissu osseux, de sorte qu'il ne put que se méprendre sur la signification des couches rougies par la garance. Tout ce qui devenait rouge était, pour Du Hamel, de l'os en voie de formation; si c'est vrai pour le périoste et les premiers espaces médullaires des jeunes animaux, il n'en est plus de même pour la moelle osseuse du canal médullaire du tissu spongieux (épiphyses, os courts et larges). En réalité, la garance colore en rouge le tissu conjonctif jeune ou vieux parcouru par les vaisseaux sanguins, ainsi que les lamelles osseuses qui avoisinent les vaisseaux sanguins, que les lamelles soient en voie de développemet ou de résorption.

Comme je l'ai montré (*mes mémoires* de 1905, p. 565, et 1906, p. 197) le tissu osseux offre constamment une structure identique : des cellules osseuses et une substance osseuse composée de trabécules et d'une masse amorphe. Ce qui distingue les os les uns des autres, c'est que les lamelles sont espacées (tissu spongieux) ou serrées (tissu compact). Le régime garancé colorant le tissu conjonctif et vasculaire et une mince zone osseuse avoisinante, l'os apparaît, *à l'œil nu*, rouge partout où il est spongieux et blanc

1. Sixième Mémoire sur les os, *Ibid.*, 1743, p. 288.

lorsqu'il est compact. Mais cette apparence ne légitime aucune conclusion relative au développement même du tissu osseux. C'est à dessein que j'ai rapporté avec détails les recherches et les explications de Du Hamel. Il est à espérer qu'on cessera dans les traités didactiques de parler des belles recherches de cet expérimentateur sur l'*ossification*. Du Hamel n'a décrit que les apparences produites par la garance sur les tissus squelettiques; mais les conclusions qu'il en a tirées sur le développement et la structure de l'os sont erronées de tous points.

Pour Bichat [1], l'os adulte continue toujours a être le siège d'une nutrition très active; il est sans cesse composé et recomposé. « L'expérience de la garance, dit-il, prouve cette assertion d'une manière manifeste : si l'on nourrit quelque temps un animal avec cette plante, tous les os rougissent d'autant plus facilement qu'il est plus jeune... » Pour Bichat c'est la substance calcaire qui est « le véhicule de la substance colorante, puisque, tant que les os ne sont que cartilagineux, l'effet de la garance est absolument nul sur eux ».

Béclard, dans une note des œuvres de Bichat (*loc. cit.*, p. 97), se fonde également sur les expériences avec la garance pour affirmer que les os s'allongent par leurs extémités seules : la coloration (par la garance) n'a lieu sur les jeunes animaux que dans l'intervalle qui sépare chaque extrémité du corps de l'os; le reste n'est rouge qu'à la surface, à moins que l'animal n'ait été nourri pendant très longtemps avec cette substance. L'usage de la garance montre que de nouvelles couches osseuses s'ajoutent sans cesse à la surface de l'os : « Si l'ingestion de cette substance a été cessée et reprise alternativement, les couches extérieures de l'os sont alternativement rouges et blanches; d'où il faut conclure qu'elles s'étaient formées pendant le temps qu'a duré l'expérience. »

La richesse de l'os en sels calcaires fut invoquée par d'autres encore comme la cause déterminante de la teinte rouge que prennent les os sous l'influence du régime garancé.

Rutherford, cité par Gibson [2], pensait que la garance parvenue dans le sang se combine avec le phosphate calcaire et forme une laque qui se dépose ultérieurement dans les os; d'où la couleur rouge des os chez les animaux nourris de garance, Gibson croit, par contre, que la coloration ne se fait pas dans le sang, mais que la garance se combine avec les sels calcaires de l'os lui-même.

Ces interprétations ne tiennent pas contre le fait cité p. 453 de la coloration des os embryonnaires, encore privés de sels calcaires.

1. *Anatomie générale*, t. III, p. 100, éd. 1830.
2. *Mem. of the litter. und philosoph. Soc. of Manchester*, 2e série, t. I, p. 153, 1805.

Un siècle après Du Hamel, Flourens a repris cette étude, Malgré le nombre et la variété de ses expériences à l'aide du régime garancé, Flourens n'a ajouté aucun fait nouveau aux données de Du Hamel. Ses explications se ressentent toutes de l'ignorance où l'on était pour tout ce qui concerne le développement et la structure du tissu osseux.

Flourens [1] a soumis de jeunes pigeons de 2 à 3 semaines, ainsi que de jeunes porcs, au *régime de la garance*. La garance respecterait tous les organes et n'atteindrait que les os [2]. « Tous les os sont rouges et les os seuls, les ligaments, les tendons, les cartilages, conservent leur couleur ordinaire. Dans chaque os, tout ce qui est encore cartilage garde sa couleur ordinaire; dans chaque cartilage, tout ce qui est déjà os a pris la couleur rouge. »

Un seul repas suffit pour colorer tous les os d'un pigeon en 5 ou 24 heures.

« Des pigeons adultes offrent à peine un commencement de coloration après plusieurs jours du *régime de la garance*, et toujours l'effet de la garance est d'autant plus faible que l'animal est plus vieux et que son *ossification* est terminée depuis plus longtemps. De vieux pigeons, après 18 et même 22 jours du *régime de la garance*, ne m'ont offert, dans leurs os, aucune trace de coloration. »

Du Hamel pensait que, dans les os, la garance n'atteint que les portions d'os qui se forment. Flourens croit avoir vu le même fait : « L'os de l'animal qu'on nourrit de garance se revêt d'une couche rouge; l'os de l'animal qui, après avoir été nourri de garance, est rendu à la nourriture ordinaire, se revêt d'une couche blanche, laquelle se place sur la couche rouge. C'est donc par couches qui se superposent, par couches qui se forment par-dessus les autres, que les os croissent. » En même temps le canal médullaire s'accroît par la résorption des couches internes. Un jeune porc de quatre semaines, soumis pendant 24 heures seulement au régime de la garance, offre des os qui ont déjà pris une couleur rose.

Après un mois de régime garancé, un porc est remis à la nourriture ordinaire pendant six mois : tous les os sont blancs à l'extérieur, sauf quelques points rouges dans le corps de l'os, parce qu'ici l'ossification était déjà avancée et *l'os rougi* n'avait pas à se recouvrir de nouvelles couches. Voilà pourquoi l'os blanc ne s'est point formé en ces points.

Un porc soumis au régime garancé, puis au régime ordinaire, ensuite remis au régime garancé, présente dans ses os 3 cercles : un rouge externe, un rouge interne et un moyen, blanc.

Les os courts (astragale, rotule) offrent un noyau *osseux* rougi par la garance; ce noyau est partout séparé du périoste par le cartilage; « ce n'est donc pas dans le périoste, c'est dans le cartilage que l'os se forme » (*loc. cit.*, p. 109).

1. Nouvelles recherches concernant l'action de la garance sur les os, *Annales des Sc. naturelles*, 2e série, t. XIII, p. 97 et 104, 1840.

2. D'après Du Hamel également, ni les viscères (cœur, poumon, foie, rein, etc.), ni les muscles, ni les membranes, ni les cartilages ne se colorent. C'est là une erreur.

Flourens[1] répète et varie ses expériences qui semblent lui fournir constamment des résultats identiques. Les territoires osseux qui rougissent sont les portions nouvellement formées; ceux qui restent blancs représentent l'os ancien. Sur un *jeune* pigeon, un seul repas de poudre de garance mêlée aux aliments suffit pour teindre en rouge toutes les parties du squelette, et tous les autres organes restent incolores. Le cercle osseux de la sclérotique est également teint en rouge.

Les os des vieux pigeons se colorent peu ou point du tout.

Malgré l'apparente simplicité de la théorie de Flourens, ses explications sont pleines de contradictions : il admet, d'une part, un périoste *interne* qui ne serait qu'une continuation du périoste *externe*, et, de l'autre, il écrit : « L'os se forme aux dépens du périoste par couches successives et superposées. Du côté de la face interne de l'os, les couches anciennes sont résorbées et c'est grâce à cette résorption que le canal médullaire s'accroît. Comment deux membranes de composition identique peuvent-elles présider l'une à la formation et l'autre à la résorption? »

Plus loin, Flourens écrit : « Tout ce qui dans un os se forme pendant l'usage de la garance devient rouge. tout ce qui était formé avant l'usage de la garance conserve sa couleur ordinaire. » Ensuite (p. 95) il ajoute : « Mais l'os jeune se colore plus que l'os ancien. Quand on donne de la garance à un jeune mammifère (porc), l'os s'entoure d'un cercle *rouge*, extérieur, et présente un cercle *blanc*, intérieur. « Sans doute, dit Flourens (*loc. cit.*, p. 96), l'os du *cercle blanc* n'est pas absolument blanc. Si l'on soumet au microscope cet os qui paraît blanc à l'œil nu, on le trouve *coloré*. » Il n'y a donc qu'une inégalité de coloration.

Tout jeune que soit un pigeon, il possède du tissu osseux vieux de plusieurs jours ou de quelques heures; or, un seul repas garancé fait apparaître son squelette osseux d'un beau rouge au bout de 24 heures. Il est peu probable que toutes les parties osseuses se soient résorbées, puis reformées en une journée. Flourens concède, il est vrai, que tout os « en état de formation se colore par la garance ». Comment se fait-il, d'autre part, que « l'os complètement formé » ne soit pas pénétré par la garance?

L'expérimentation et l'examen pratiqués par Flourens étaient les mêmes que ceux de Du Hamel et ses résultats apparents étaient identiques. Du temps de Flourens, la structure et l'évolution du tissu osseux n'étaient pas mieux connues qu'au XVIIIe siècle; les procédés d'examen se réduisaient à l'inspection faite à l'œil nu. Toutes les

1. *Recherches sur le développement des os et des dents*, 1842, et *Théorie expérimentale de la formation des os*, 1847, p. 76.

comparaisons avec les végétaux, tous les raisonnements fondés sur l'os *jeune* ou *ancien* ne tiennent pas contre la constatation que voici : que le tissu osseux soit jeune ou ancien, il apparaît rouge à l'œil nu, quand l'animal est soumis au régime garancé, partout où il est *spongieux*, c'est-à-dire formé de minces lamelles que sépare un tissu conjonctif abondant et très vasculaire. Le tissu osseux semble rester, au contraire, *blanc* (à l'œil nu), lorsque le tissu osseux est devenu *compact*, parce que des couches épaisses de lames osseuses ne sont plus traversées que par des vaisseaux espacés (canaux de Havers), autour desquels n'existe qu'une faible zone colorée en rouge. Ne rougissent, sous l'influence du régime garancé, que les lamelles osseuses voisines des vaisseaux sanguins, peu importe leur âge, qu'on ait affaire à de l'os en voie de formation ou de résorption.

Brullé et Hugueny[1] disent : « Lorsqu'on examine extérieurement un os coloré au moyen de l'alimentation garancée, la simple observation fait reconnaître que *l'os n'est pas coloré sur toute sa surface* ».

Sur les os longs d'un porc nourri de garance, Brullé et Hugueny ont vu trois régions colorées : une région moyenne plus étendue et deux régions extrêmes qui se distinguent de la précédente par une couleur moins vive. Aux extrémités, la coloration se porterait de l'intérieur vers l'extérieur, et de l'extérieur vers l'intérieur dans la région moyenne.

Chez les oiseaux également, la coloration occupe toute l'épaisseur de l'os des extrémités; quant au milieu de la longueur de l'os, il est surtout coloré par l'extérieur, et un peu aussi par l'intérieur, ce que constate l'existence des deux cercles colorés sur une section transversale.

Les parties qui ne se colorent pas seraient celles qui sont en voie de résorption.

Il en serait de même de la surface interne de l'os.

« Sur les deux surfaces de l'os, la substance osseuse est déposée par les vaisseaux de l'un et de l'autre périoste; la matière colorante est portée dans la profondeur par les mêmes vaisseaux. »

Brullé et Hugueny (*loc. cit.*, p. 352) admettent, dans la vie des os, deux périodes : l'une pendant laquelle il y a renouvellement incessant; c'est l'intervalle compris entre la naissance et l'âge adulte; l'autre, pendant laquelle l'os ne se modifie plus que d'une manière extrêmement lente, et où l'on ne peut plus admettre, d'après les expériences faites jusqu'à ce jour, de renouvellement du tissu osseux.

« Dans certains animaux adultes, tels que les poules, les oies, les

1. Expériences sur le développement des os dans les mammifères et les oiseaux, *Annales des sciences naturelles*; 3e série, *Zoologie*, t. IV, 1845, p. 317.

pigeons, disent Brullé et Hugueny (*loc. cit.*, p .316), nous n'avons obtenu de coloration que vers les extrémités et dans quelques parties de l'épaisseur de l'os. Il y a donc lieu de croire qu'un peu plus tard la coloration ne se serait plus opérée; quant à la résorption, elle ne se fait plus alors, c'est-à-dire quand l'animal est adulte. Par conséquent, il n'y a plus de renouvellement, il n'y a plus de mutation de la matière. »

Comme leurs devanciers, Brullé et Hugueny ignoraient le développement et la structure du tissu osseux et ils ont fait fausse route en voulant expliquer les phénomènes apparents par les principes hypothétiques du renouvellement de la matière osseuse.

Au total, tous les expérimentateurs qui ont eu recours à l'alimentation garancée avaient cru voir que la coloration des os est d'autant plus intense que l'os est plus jeune, plus vasculaire. Le fait est exact : les parties de l'os les plus riches en vaisseaux se colorent le plus vivement. Mais les os en voie de formation se colorent-ils seuls ou la coloration des os par la garance ne représente-t-elle qu'un simple phénomène de teinture des parties déjà formées?

Philipeaux et Vulpian [1] ont tenté de résoudre ces questions. Pour ces auteurs, la garance s'unit aux phosphates des os et ils se demandent de quelle façon disparait la coloration une fois qu'elle s'est produite. La décoloration se ferait-elle par un simple lavage par le sang qui enlèverait à l'os la matière colorante?

Ils ont soumis 7 porcs âgés de 27 jours au régime de la garance, qui a duré 22 jours.

Le 1er animal a été sacrifié le 22e jour. Les autres porcs ont ensuite été nourris avec des aliments ordinaires.

De ces porcs, l'un a été tué à l'âge de 4 mois et demi; l'autre, à 6 mois et demi; un troisième, à 8 mois et demi; le 4e, à 10 mois et demi; le 6e à 12 mois, et demi et le 7e, à 18 mois.

Dans une autre série d'expériences, Philipeaux et Vulpian ont soumis 5 porcs âgés de deux mois et huit jours au régime de la garance et les ont sacrifiés l'un après une durée de 22 jours de ce régime et les autres après les avoir nourris pendant des mois et même trois ans et dix mois avec des aliments ordinaires.

L'examen de cette deuxième série d'expériences aurait pleinement confirmé les premiers résultats.

Par le régime de la garance, disent Philipeaux et Vulpian (*loc. cit.*, p. 547, fig. 1, pl. XII), « le tibia est coloré dans toute son étendue et dans toute sa profondeur. Comme tous les auteurs l'ont vu, la coloration est plus

1. Note sur le mode d'accroissement des os, *Archives de physiologie*, 1870, p. 530.

intense dans les couches superficielles que dans les couches profondes; la partie des tissus spongieux de la diaphyse, qui est voisine des épiphyses, est aussi colorée plus vivement que le reste du tissu. »

Lorsqu'après un régime garancé on laisse vivre les animaux qu'on nourrit avec des aliments ordinaires, on voit, au bout de quatre mois, qu'à la surface externe, le milieu de la diaphyse des os longs n'est plus rouge. Aux deux bouts de la diaphyse, la teinte rouge existe encore. Sur une coupe, on voit que la moitié interne de l'épaisseur des parois du canal médullaire est fortement colorée dans sa partie moyenne, tandis que la couche superficielle n'est point colorée. Vers les extrémités de la diaphyse, toutes les couches osseuses sont rouges jusque y compris la surface externe.

L'os *primitivement rouge* a donc persisté.

Avec Brullé et Hugueny, les deux expérimentateurs concluent qu'il ne se fait pas une couche régulière sur la surface externe de l'os. « Il se produit de l'os nouveau sous le périoste dans les parties moyennes du tibia; mais un peu plus haut et plus bas, là où nous voyons persister la teinte rouge à la surface de l'os, il ne s'est fait aucune production nouvelle de tissu osseux. »

Les faits observés sont exacts, mais mal interprétés : en effet, la teinte rouge continue à exister dans les points où persistent les lamelles minces (os spongieux) avec un tissu conjonctif très vasculaire, que ce dernier soit du tissu conjonctif jeune ou du tissu en voie de résorption (moelle osseuse); mais dans les points (diaphyse) où le tissu spongieux se transforme en os compact, les vaisseaux sont éloignés les uns des autres et séparés par des lames épaisses et incolores de substance osseuse.

B. *Examen au microscope des os rougis par la garance.*

Serres et Doyère[1] commencent par dire que « personne encore ne parait avoir soumis au microscope, ni même observé à l'aide d'une simple loupe, un fragment d'os rougi par cette expérience (régime de la garance), du moins dans le but d'étudier la coloration elle-même, dans sa nature intime ».

Serres et Doyère ont vu, après quelques jours du régime de la garance, le tissu cellulaire et les aponévroses teints en rose; il en est de même des membranes séreuses et des sérosités; le tissu adipeux est rose; la couleur du foie est changée.

1. Exposé de quelques faits relatifs à la coloration des os chez les animaux soumis au régime de la garance, *Annales des sciences naturelles*; 2e série, *Zoologie*, 1842, p. 153.

La substance blanche du cerveau, les cartilages et les tendons n'ont pas changé de couleur.

Dans l'os la teinte est fixée, tandis qu'il suffit d'un lavage pour enlever la teinte rose aux autres organes.

Outre la *virole colorée*, qu'on aperçoit à la face externe de l'os, on voit sur une surface de section de l'os, à l'aide d'une loupe un peu forte, cette teinte continue se décomposer en un semis de points dispersés sur un fond blanc[1].

Au grossissement de deux à trois cents diamètres « chaque point deviendra un cercle coloré entourant un trou pratiqué dans la substance osseuse ».

Le trou est un canalicule vasculaire (de Havers); le cercle coloré est un cylindre creux coloré qui constitue la paroi du canalicule; ce cercle coloré est continu avec la substance osseuse incolore.

La coloration ne se produit qu'au contact immédiat des ramifications artérielles ou veineuses du tissu osseux lui-même ou du périoste. Il n'y a donc pas de coloration générale du tissu osseux *dans sa profondeur*.

Après avoir décrit l'aspect des *corpuscules osseux* et de leurs prolongements, qu'ils considèrent comme des cavités et un réseau de canalicules, Serres et Doyère ajoutent : « Que contiennent (*loc. cit.*, p. 160) pendant la vie ces cavités et ce réseau de canalicules qui les fait communiquer entre elles? Un fluide, sans aucun doute; mais l'étude des phénomènes de la coloration des os vivants par la garance ne nous autorise pas à croire qu'ils soient, comme nous l'avions d'abord cru possible, le siège d'une circulation quelconque en rapport avec la circulation du sang; jamais et par aucun moyen, nous n'avons pu y saisir aucune trace de la pénétration d'un fluide provenant du système artériel ou capillaire. »

L'épaisseur de la *virole colorée* est de *un à deux centièmes* de millimètre. La distance des canalicules entre eux est le double environ de cette épaisseur; donc dans la virole osseuse dont la *coloration apparente* est la plus intense, la majeure partie du tissu osseux sera demeurée blanche.

Pour Serres et Doyère, « *la coloration n'est qu'un phénomène de teinture* ». Un fragment d'os ou une dent de mammifère, de reptile ou de poisson, est enfoncé dans les muscles pectoraux d'un pigeon soumis au régime de la garance. Si on le retire après 24 heures ou 30 heures, ces fragments sont colorés (par places) de la même teinte que le squelette de l'oiseau lui-même.

Serres et Doyère soutiennent que la coloration ne procède pas du périoste. La surface externe de l'os n'est pas colorée sur toute son étendue. « Toute table de tissu compact, disent-ils (*loc. cit.*, p. 165), qu'elle appartienne à un os plat ou à un os long, est bordée par une zone incolore, quelle qu'ait été l'énergie du régime et sa durée. »

1. Teinte continue rose qui s'enfonce en s'affaiblissant dans la profondeur de l'os.

« D'un autre côté, la règle d'après laquelle la coloration marcherait de dehors en dedans ne rend point compte de la plupart des faits que montre l'emploi du microscope. » Ainsi, certains os longs sont colorés presque exclusivement par leur intérieur, et il est très facile de vérifier que le décroissement de la coloration s'y fait de dedans en dehors : tel est le péroné, par exemple [1].

« Mais, en général, un os long présente à qui l'étudie attentivement deux systèmes de coloration distincts : l'un procédant de dehors en dedans, l'autre au contraire de dedans en dehors. »

Sur une coupe transversale d'un fémur coloré physiologiquement, on trouve « trois couches ou demi-viroles plus ou moins incomplètes, s'enveloppant... Une demi-virole blanche sépare les demi-viroles colorées extérieure et intérieure... »

Serres et Doyère concluent : « La coloration est un phénomène purement chimique, qui se produit dans le tissu tout formé; c'est un fait de teinture, comme l'a annoncé Gibson.

Serres et Doyère ont expérimenté sur le chien et le pigeon. Ils expliquent (*loc. cit.*, p. 156) la teinte rouge que prend le tissu osseux sous l'influence de l'alimentation colorante en admettant que l'alizarine et la purpurine de la garance sont fixées par le phosphate de chaux. En versant, dans une solution aqueuse de garance filtrée, du chlorure de sodium et de phosphate de chaux, il se précipitera une laque de phosphate de chaux... Le phosphate de chaux des os est basique et insoluble et a la propriété à ce double titre de constituer des laques en se combinant aux matières colorantes.

A cette époque, une discussion s'éleva entre Serres et Doyère d'une part, et Mandl de l'autre, au sujet de la nature des corpuscules osseux. Dans plusieurs notes communiquées à l'*Académie des Sciences*, ces auteurs citent plusieurs faits des plus intéressants.

Serres et Doyère (*loc. cit.*, t. XIV, p. 260) pensent que « les corpuscules osseux ne sont que des cavités microscopiques », contenant un fluide pendant la vie. Dans un bain d'huile, ces corpuscules prennent l'apparence de taches noires et opaques. En prolongeant l'observation, l'huile chassera le gaz et les taches et les lignes noires disparaîtront.

Mandl (*loc. cit.*, t. XV, p. 1189, 1842) n'est pas de cet avis : une lamelle de tissu osseux sec plongée dans un bain d'huile devient transparente. « La transparence gagne d'abord les lignes les plus déliées, ensuite les plus grosses et enfin les corpuscules eux-mêmes ». Mais les corpuscules et les lignes persistent; « seulement leur transparence les a rendus beaucoup plus difficiles à voir ».

Si l'on colore par l'alimentation garancée des os de pigeon, on verra que la couleur rouge occupe toute l'épaisseur de la paroi du canalicule

1. Les auteurs ajoutent en note que le système de coloration intérieur tend d'autant plus à prédominer sur l'extérieur, que l'os est plus avancé dans son développement.

vasculaire ou de Havers (déjà au bout de 24 heures sur un pigeon nourri avec de la garance).

Sur le cochon, il en est de même. « Lorsqu'on examine une parcelle d'os peu colorée, on peut facilement distinguer les corpuscules osseux qui présentent une couleur plus intense. »

Doyère (*loc. cit.*, t. XVI, p. 73, 1843) ne partage pas l'opinion de Mandl. Il dit que Serres et lui-même prétendent uniquement ceci : si l'on plonge un os dans l'huile, l'on voit disparaître les *lignes noires dues à la présence du gaz* dans les canalicules ostéoplastiques et les bulles d'air contenues dans les ostéoplastes[1] eux-mêmes.

Pour Doyère « la coloration (par la garance) commence par la couche très mince de tissu osseux qui est en contact immédiat, ou avec le périoste ou avec un vaisseau sanguin; elle progresse dans le tissu osseux par simple pénétration, et, comme dans les os teints artificiellement, au delà d'une profondeur excessivement faible, le tissu reste absolument incolore. »

Serres et Doyère évaluent en moyenne l'épaisseur de la couche colorée à $\frac{1}{100}$ ou $\frac{2}{100}$ de millimètre.

« Comme la distance des canalicules entre eux est généralement plus grande que le double de cette quantité, il est évident que, même dans la virole osseuse dont la coloration apparente est la plus intense, la majeure partie du tissu osseux sera demeurée blanche. »

Au voisinage du périoste où les canalicules vasculaires ne sont pas séparés par un espace excédant $\frac{1}{100}$ ou $\frac{2}{100}$ de millimètre, toute la substance osseuse peut se colorer.

A côté d'erreurs, plusieurs des observations de ces auteurs sont encore vraies, en partie du moins. En effet, les corpuscules contiennent, non pas du gaz, mais du protoplasma semi-fluide dont la partie amorphe (hyaloplasma) est teintée, comme l'a soutenu Mandl, par la garance. D'autre part, la couche osseuse la plus vivement colorée par la garance limite constamment un vaisseau sanguin et présente une épaisseur qui se rapproche sensiblement de celle que lui assignaient Serres et Doyère.

V. Bibra[2] a étudié le tissu osseux d'animaux soumis au régime garancé. Usées sur la pierre, les lamelles osseuses montrent autour des

1. Doyère dit (p. 73, *loc. cit.*) que Serres, le premier, a donné aux corpuscules sseux le nom d'*ostéoplastes*.

2. *Chemische Untersuchungen über die Knochen und Zähne des Menschen und der Wirbelthiere*, 1844, p. 49-53.

canaux de Havers (Markkanälchen) des zones teintes en rouge foncé, tandis que la substance osseuse, intermédiaire aux canaux (Zwischensubstanz) n'offre qu'une teinte rose pâle uniforme qui s'étend aux corpuscules osseux.

N. Lieberkühn [1] nourrit de jeunes souris pendant deux semaines avec des aliments garancés. *A la loupe*, les coupes de la diaphyse du fémur montrèrent : 1° un cercle blanc autour du canal médullaire; 2° un cercle rouge entourant chacun des canaux de Havers; 3° un cercle blanc avec des taches rouges; 4° un cercle rouge périphérique recouvert d'une substance non colorée.

A l'extrémité supérieure du fémur, les vaisseaux sont entourés chacun d'un cercle rouge. Lieberkühn dit que souvent entre le cercle rouge et le vaisseau se trouve une couche incolore (*loc. cit.*, p. 600).

Sur un pigeon, soumis d'abord au régime garancé, puis pendant plusieurs semaines au régime ordinaire, Lieberkühn observa les faits suivants : au-dessous du cartilage hyalin se trouve une couche en voie d'ossification, haute d'une ligne et incolore; puis vient l'os coloré en rouge. Les trabécules osseuses sont teintes en rouge et dans leurs intervalles se trouvent de fins canaux dont les parois sont rouges. En dehors de la substance compacte (sous le périoste) et en dedans (autour du canal médullaire), il existe une couche osseuse incolore.

Près du cartilage et dans l'os en voie de formation, la teinte rouge apparaît très vite, tandis qu'elle se fait lentement autour des canaux de Havers.

D'après ces faits, Lieberkühn pense que la garance ne se propage pas dans la substance osseuse *par diffusion*. La garance est déposée dans le tissu en même temps que les sels calcaires par voie chimique ou mécanique. Dans le milieu de la diaphyse, les canaux de Havers sont étroits et entourés chacun d'un cercle rouge. Au contraire, dans les épiphyses, les trabécules sont toutes colorées, et cela dans toute leur masse.

Lieberkühn conclut : la garance se dépose dans l'os en même temps que les sels calcaires; une fois unie aux sels, la matière colorante ne diffuse plus pour se transporter plus loin.

Plus tard, Lieberkühn est revenu à l'étude du tissu osseux. Strelzoff (voir plus loin) avait montré que l'os rougi par la garance conserve sa couleur lorsqu'on le décalcifie par l'acide chlorhydrique. Pour contrôler ces observations, N. Lieberkühn [2] a fait les deux essais suivants : 1° en décalcifiant un os teint par le régime de la garance, la substance osseuse pâlit et paraît jaune rougeâtre; si l'on y ajoute de l'eau de chaux, l'os redevient rouge. L'acide chlorhydrique décomposerait l'alizarine ou la purpurine combinée avec l'os; l'alizarine ou la purpurine resterait

1. Ueber Knochenwachsthum, *Archiv f. Anatom. u. Physiolog.*, 1864, p. 598.
2. Ueber die Einwirkung von Alizarin auf die Gewebe des lebenden Körpers, *Sitzungsberichte der Gesellschaft des Naturwissenschaften zu Marburg*, 1874, et *Maly's Jahresberichte*, t. IV, 1875, p. 325.

dans l'os, quand on le décalcifie et se combinerait ensuite avec la chaux qu'on y ajoute. 2° Si l'on met un os teint en rouge par le régime garancé dans l'alcool, il reste rouge. Si l'on décalcifie d'abord l'os avant de le mettre dans l'alcool, il se décolore. L'alizarine combinée à la chaux est insoluble, tandis que l'alizarine libre est soluble dans l'alcool.

Kölliker[1] a soumis de *jeunes* porcs et chiens au régime de l'alimentation garancée et a trouvé que *la garance se fixe uniquement et exclusivement sur le tissu osseux qui se développe pendant la durée de ce régime. Toutes les parties osseuses formées avant le début de ce régime restent incolores.*

Sur les diaphyses des os longs (après un régime garancé de 3 à 6 semaines), on observe trois à quatre couches : 1° l'externe est d'un rouge intense (couche formée pendant le régime garancé); 2° à celle-ci fait suite en dedans une zone rose pâle, peu épaisse. Vient, ensuite, 3° une zone incolore, et enfin 4°, à la face interne de la diaphyse, une zone d'un rouge vif. Dans la 2° zone rose pâle, il n'existe qu'un cercle rouge autour de chacun des canaux de Havers.

Si l'on cesse le régime garancé pendant quelques semaines, on voit une zone incolore le long de la ligne d'ossification; des couches incolores partout, si ce n'est au niveau des lignes de résorption, lesquelles restent rouges.

En un mot, une fois colorées par le régime garancé, les lamelles osseuses restent rouges pendant 3 ou 9 semaines, c'est-à-dire jusqu'à leur résorption[2].

H. Weiske[3] nourrit de jeunes lapins âgés de 6 semaines à 6 mois avec du son auquel il avait mêlé de la racine de garance pulvérisée. Les jeunes animaux moururent en quelques jours, les plus âgés vécurent plus longtemps.

Au bout de 3, 5 et 9 jours de ce régime, les os (fémur) sont colorés au niveau de leur ligne d'ossification. A l'œil nu, on ne voit pas de terri-

1. Weitere Beobachtungen über Vorkommen und die Verbreitung typischer Resorptionsflächen an den Knochen, *Verhandlungen der physik-medic. Gesellschaft in Würzburg*. N. F., t. III, 1872, p. 223.

2. Malgré l'intérêt que présentent les recherches de Lieberkühn et de Kölliker, elles n'apportent pas beaucoup de nouveau et n'élucident aucun des points controversés. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer leurs résultats à ceux de leurs devanciers. Parmi les auteurs contemporains, il en est qui, ignorant la littérature, les regardent comme les premiers en date. En voici deux exemples, déjà cités par Sigmund Mayer (*Anatomischer Anzeiger*, t. XXIII, p. 227). Gierke (*Färberei zu mikroskopischen Zwecken*, p. 120 du tirage à part) parle de la méthode *géniale*, découverte par Lieberkühn, qui le premier a nourri les animaux avec la garance. Aussi mal informé et léger est l'auteur de l'article *Alizarin* dans l'« Encyklopädie der mikroskopischen Technik », publié par Ehrlich, Mosse, Krause, Rosin et Weigert, 1903. Il écrit, en effet : « L'alimentation garancée, *inaugurée* par Lieberkühn et Kölliker, a acquis en technique histologique une certaine importance, quand il s'agit d'étudier la croissance du tissu osseux ».

3. Notiz zur Rothfärbung der Knochen durch Krappfütterung, *Jahresbericht der Thier-Chemie*, de Maly, t. III, 1874, p. 227.

toires rouges; au microscope seulement, on aperçoit leur teinte rouge.

Sur un lapin de 3 jours, après un régime garancé de 14 jours, les mêmes territoires étaient colorés en rouge; de plus, les parois du canal médullaire et la couche osseuse sous-jacente au périoste offraient une teinte rosée.

Sur deux autres lapins de 4 et de 7 mois, les extrémités de la diaphyse avaient rougi; plus l'animal est âgé, plus la teinte rouge est accentuée.

Si l'on interrompt le régime garancé, pour ne servir que du son pendant 14 ou 28 jours, on voit persister la teinte rouge aux extrémités de la diaphyse, tandis que la diaphyse présente deux cercles rouges, l'un externe, l'autre interne, et une couche osseuse intermédiaire qui est incolore.

Si l'on traite un fragment d'os teint en rouge par l'acide chlorhydrique, l'os décalcifié (cartilage de l'os) reste rouge, surtout si l'on ajoute un alcali. La solution d'acide chlorhydrique qui avait servi à la décalcification donne avec l'ammoniaque un précipité qui est incolore. Par conséquent, la matière colorante de la garance n'est pas combinée aux sels calcaires; elle est fixée par la matière organique de l'os, comme l'avait annoncé Lieberkühn.

Strelzoff[1] a fait de nombreuses expériences sur les pigeons, quelques-unes sur le chien, pour étudier la coloration des os par le régime garancé. Il les a étudiés à l'œil nu et au microscope. Il remarque que des os paraissant rouges à l'œil nu peuvent, sur les coupes microscopiques, être incolores. D'autre part, des os, qui paraissent incolores à la lumière transmise, montrent une teinte rosée à la lumière réfléchie. Il conservait ses préparations dans la glycérine et à l'obscurité.

Strelzoff crut voir, avec l'objectif à immersion, que ces stries rouges (Krappstreifen) étaient contenues dans un système canaliculaire très délié qui communiquait par des canalicules très fins avec les prolongements des corpuscules osseux. Sur la figure 27 (pl. XI), qui est assez confuse, ce système canaliculaire serait représenté par les cavités des corpuscules osseux et leurs prolongements creux. En pénétrant dans ce système de canaux et de canalicules qui correspondrait à un système lymphatique, la garance déterminerait la production de ces stries ou bordures rouges. Strelzoff (*loc. cit.*, p. 127) n'a jamais pu observer la coloration des parois mêmes des prolongements partant du corpuscule, c'est-à-dire du système canaliculaire. Cependant il suppose qu'elle existe, car, ajoute-t-il, on ne pourrait pas expliquer la coloration diffuse, s'il n'en était pas ainsi.

Strelzoff (*loc. cit.*, p. 129) se demande avec quelle substance est combinée la garance : est-ce avec les sels calcaires ou la substance organique? Il croit que c'est avec les deux, car, avec l'acide chlorhydrique, on peut décalcifier un os teint par la garance sans le décolorer. De plus, on

1. Genetische und topographische Studien des Knochenwachsthums, *Untersuchungen aus dem pathol. Institut zu Zürich*, publiées par Eberth, 1874, p. 94.

peut traiter l'os rougi par la soude caustique et détruire ainsi la substance organique, la couleur rouge persiste après la disparition de la substance organique. Strelzoff conclut de ces faits que la garance est combinée et avec les sels minéraux et avec la substance organique.

Pour Strelzoff (*loc. cit.*, p. 129) la garance se répand dans les canaux du suc et les prolongements des corpuscules osseux et colore les bords de ces canaux. Bien que les parois des prolongements corpusculaires ne soient jamais colorées, il faut, dit Strelzoff, admettre qu'elles se colorent quand même, car on ne pourrait pas autrement expliquer la teinte diffuse.

Ces canaux du suc n'existeraient que chez l'animal jeune et non point chez le pigeon adulte; c'est pour cela que les os de l'adulte ne prennent pas la garance. Les canaux du suc qui ne paraissent que dans l'os en voie de développement, sont en communication avec les prolongements des corpuscules osseux. Plus tard, ils disparaissent (*loc. cit.*, p. 132).

Pour Strelzoff (*loc. cit.*, p. 115) les zones osseuses colorées par la garance sont constituées par des canalicules du suc disposés en réseau ou en plexus. Il en existe des zones *périphériques*, sous-jacentes à la couche préosseuse; ce sont les *stries générales*. Outre celles-ci, on ne remarque autour de chaque canal de Havers (zones ou stries havérsiennes). Ces zones ou stries ne sont que des *canaux du suc*, dont les bords sont teints par la garance; de sorte que Strelzoff admet des canaux du suc généraux ou d'autres, haversiens.

Tous ces canaux du suc restent, à tous les stades du développement, en relation ou communication directe avec les prolongements des corpuscules osseux (*loc. cit.*, p. 117).

Les deux bords des canaux du suc sont toujours colorés en rose; quand les bords sont inégalement colorés, la teinte est toujours plus prononcée sur celui où l'on observe le plus de prolongements de corpuscules osseux.

Strelzoff[1] a mesuré, au niveau du trou nourricier du cubitus, le diamètre des canaux de Havers. Sur 12 pigeons d'âge différent, il a pratiqué 2 400 mensurations et il a trouvé que le diamètre des canaux de Havers diminue avec l'âge. Sur les pigeons âgés de deux jours, le diamètre de ces canaux varie entre 0 mm. 114 et 0 mm. 027; sur les pigeons adultes, entre 0 mm. 015 et 0 mm. 003 et, aux âges intermédiaires, les chiffres oscillent entre ces extrêmes.

Il a soumis 45 pigeons au régime de la garance.

Il divise les phénomènes en trois stades :

1er stade. Au bout de 24 heures du régime garancé sur les pigeons âgés d'un mois, tous les os sont colorés d'une façon uniforme : au microscope on observe une zone colorée externe, une interne et une autre

1. Ueber Knochenwachsthum, *Archiv f. mikros. Anatomie*, t. XI, 1874, p. 61.

entourant chaque canal de Havers. Le reste de la substance osseuse est incolore. Les zones colorées passent par des transitions insensibles au tissu osseux incolore.

Sur un pigeon nourri pendant 1 ou 2 semaines de garance, on retrouve la même image.

2e *stade*. Sur les pigeons âgés de 2 mois, tous les os rougissent : sur la coupe transversale, la zone interne est teinte en rouge pourpre (*virole colorée*), et la zone externe est rouge écarlate.

Au microscope, on reconnaît des *lignes colorées* (Streifige Färbung) et une teinte diffuse.

Les stries colorées générales, au nombre de 5 à 6, sont parallèles à la surface externe de l'os, les autres stries entourent les canaux de Havers. Ces deux systèmes sont propres au 2e stade.

La teinte diffuse dépend des stries colorées précédentes en ce sens que la couleur de ces stries passe par des nuances de plus en plus faibles au tissu osseux incolore.

Toutes les stries colorées générales se développent à partir de la surface externe de l'os.

Le tissu osseux qui est en voie de formation ne se colore pas; la teinte se propage au moyen du système de canaux du suc.

Si on cesse le régime garancé, dit Strelzoff (*loc. cit.*, p. 71), les os en voie de formation continuent à se colorer. En nourrissant un jeune pigeon de garance et en cessant ce régime à l'époque où les tendons s'ossifient, on voit chez le pigeon devenu *adulte*, les tendons ossifiés prendre la teinte rouge. Du Hamel avait déjà observé le fait.

En résumé, les stries colorées de Strelzoff se produisent constamment pendant le régime garancé : celles, qu'il appelle *générales*, correspondent aux lamelles osseuses qui sont en rapport avec le tissu conjonctif périostique et médullaire; les stries havérsiennes entourent les canaux de Havers. Ces stries n'ont rien à voir avec le processus même de l'ossification. Quant aux canaux du suc, admis par Strelzoff, ils sont un produit de l'imagination, comme Schreiber l'a montré récemment (voir plus loin, p. 475).

F. Busch[1] s'est demandé si la substance osseuse en voie de formation ou l'ancien os se colore pendant le régime garancé. Il a déterminé par voie chirurgicale la production d'un cal sur cinq chiens qu'il a soumis pendant la réparation de l'os au régime garancé. Sur quatre de ces animaux, l'os ancien était incolore, tandis que la substance osseuse du cal était rouge; le 5e chien présentait de plus, outre un cal rouge, des cercles rouges autour des canaux de Havers. Il conclut de ces faits que la substanee osseuse en voie de formation fixe les principes colorants, et que les zones rouges entourant les canaux de Havers représentaient de la jeune substance osseuse.

1. Ueber den Werth der Krappfütterung als Methode zur Erkennung neuer Knochensubstanz, *Langenbeck's Archiv f. klinische Chirurgie*, t. XXII, 1877.

Kastschenko[1] ingéra de la garance à des têtards et à des grenouilles adultes. Les principes colorants apparaissent dans le sang et dans les tissus. Pour l'os en particulier, il présente la coloration diffuse et les cercles rouges décrits par Strelzoff chez les mammifères. Les cercles rouges apparaissent à une certaine distance de la surface osseuse. Quant à la coloration diffuse, elle dépendrait de la présence des canalicules du suc.

Dans les os longs existe une couche qui manque de canalicules du suc et de corpuscules osseux; Kastschenko l'appelle la couche osseuse *homogène*. Aussi reste-t-elle ordinairement incolore pendant le régime garancé. Cependant, ajoute l'auteur, lorsque la couche homogène touche le canal médullaire, elle se colore par la garance. Kastschenko ne cherche pas à à expliquer cette contradiction.

D'autre part, Kastschenko (*loc. cit.*, p. 380) a relevé les contradictions de Busch et en a pu donner une interprétation rationnelle.

Parmi les grenouilles sur lesquelles il a expérimenté, il en a trouvé une dont les os de la jambe présentaient un cal. Après 36 jours d'alimentation garancée, le cal était plus rouge que le reste des os de la jambe (tibia et péroné). Ceux-ci, examinés au microscope, montrent des zones rouges autour des canaux de Havers; mais, comme d'épaisses lames osseuses les séparent, ces os paraissent, à l'œil nu, tout à fait incolores. Dans le cal, au contraire, l'os est spongieux et les minces lamelles osseuses, quoique éloignées les unes des autres, sont colorées comme les zones qui circonscrivent les canaux de Havers de l'os compact. Cet os spongieux paraît rouge à l'œil nu, parce que le tissu médullaire compris entre les lamelles osseuses présente une teinte rouge.

Ces faits s'accordent avec mes propres résultats et montrent que le régime garancé ne permet pas de décider, d'après l'examen à l'œil, si les portions rougies par la garance représentent de l'os nouvellement formé ou de l'os ancien.

Les recherches les plus exactes sur la coloration par la garance sont celles de L. Schreiber[2], qui peuvent se résumer dans les termes suivants : *Ce n'est pas uniquement le jeune tissu osseux en voie de formation qui se colore en rouge pendant qu'on nourrit un animal avec des aliments auxquels on a mêlé de la garance. Sur les jeunes pigeons soumis pendant trois jours à pareil régime, toute l'épaisseur de l'os se colore en rouge.*

Après s'être adressé au lapin, Schreiber a obtenu les résultats les plus concluants sur le pigeon, qui est l'animal de choix pour ce genre d'expériences. En ingérant à un jeune pigeon 3 gr. de garance, son squelette est coloré en rouge déjà au bout de trois heures.

1. Ueber die Krappfärbung der Froschgewebe, *Archiv f. mikrosk. Anatomie*, t. XXI, p. 357, 1882.

2. Ueber vitale Krappfärbung. Ein Beitrag zur Kenntniss der Ernährung des Knochens, *Arbeiten aus dem Gebiete der pathol. Anatomie*, etc., de Baumgarten, t. IV, p. 257, 1904.

30 grammes de garance ingérés en huit jours à un jeune pigeon donne à son squelette la teinte du vieux bourgogne. Le cartilage ne se colore pas ; les autres organes restent également incolores.

Schreiber étudiait les os *frais*, les os *conservés dans l'alcool* ou *dans le formol*. Le formol conserverait admirablement la matière colorante. Sur ces jeunes animaux, il fit des coupes *à main levée*, sans recourir aux lamelles osseuses usées sur la pierre.

Les os frais furent examinés dans la solution physiologique de sel marin. Les os fixés par les réactifs furent conservés dans la glycérine ou le baume.

Voici comment Schreiber (*loc. cit.*, p. 263) décrit l'image offerte par un os coloré à la suite de l'ingestion de la garance : « Le tissu osseux est rosé ; de plus les lamelles osseuses périphériques et périmédullaires (Grundlamellen), ainsi que la bordure osseuse des canaux de Havers et de Volkmann présentent une teinte rouge vif. En d'autres termes, les faces externe et interne de l'os offrent chacune une strie ou bordure rouge ; l'interne est plus rouge encore que l'externe. Entre ces deux bordures rouges est compris le système de Havers où chaque canal est entouré d'un cercle rouge. La substance osseuse intermédiaire à ces bordures rouges est colorée d'une façon diffuse en rose pâle. »

Jamais *les corpuscules osseux ni leurs prolongements, ni leur contenu ne sont colorés d'une façon plus intense que la substance fondamentale qui les enveloppe et les contient. Les coupes fines montrent même que les corpuscules osseux et leurs prolongements sont incolores.*

Ces faits sont en désaccord avec les conclusions de Mandl et celles de Strelzoff et de Kastschenko, mais ils sont en rapport avec les phénomènes objectifs signalés par ces deux derniers auteurs.

Pour Schreiber (*loc. cit.*, p. 264), le système canaliculaire (Saftkanalsystem) de Strelzoff n'est qu'un mythe.

En résumé, Schreiber montre que la substance osseuse est colorée d'une façon intense partout où elle est en contact immédiat avec les vaisseaux sanguins (canaux de Havers, moelle osseuse, canal médullaire ou moelle osseuse de l'os spongieux). La face externe de l'os est un peu moins rouge, car les vaisseaux du périoste sont moins nombreux et plus espacés que ceux de la moelle. De ces divers points s'étend une teinte de plus en plus diffuse à travers la substance osseuse. Les cellules osseuses et leurs prolongements ne sont jamais colorés d'une façon plus vive que la substance osseuse qui les entoure. Ces faits montrent que la garance est amenée par les vaisseaux sanguins et se répand de là, *par diffusion*, à travers la substance osseuse. Ceci confirme l'observation de Kastschenko qui voyait la couche homogène, *incolore*, quand elle était loin des vaisseaux sanguins, et *rouge* lorsqu'elle arrivait au contact du canal médullaire. Donc le système canaliculaire ou du suc de Strelzoff, également admis par Kastschenko, n'existe pas.

Les résultats que j'ai obtenus sur le cobaye sont la plupart con-

firmatifs de ceux que Schreiber signale sur le pigeon. Nous différons sur quelques points secondaires. Comme Schreiber, j'ai vu les capsules et les prolongements capsulaires rester incolores, mais j'ai constaté, par contre, que le protoplasma homogène ou hyaloplasma du noyau et de la cellule osseuse prend une teinte rose analogue à celle de la masse homogène de la substance osseuse.

VIII. — Coloration intra-vitale de l'os par le carmin d'indigo. — Historique.

J. Arnold [1] injecta aux grenouilles des solutions de carmin d'indigo à 0,2 p. 100 dans le sang en circulation en répétant l'injection dans le 1er et le 2e jour. Il étudia les os frais ou après décalcification dans l'acide chlorhydrique à 4 p. 100. Il examina les coupes dans la glycérine saturée de sel marin ou dans le baume de Canada.

Les dépôts ou excrétions (Ausscheidungen) qu'on observe dans le périoste figurent un réseau. Ce sont des figures arrondies ou anguleuses reliées entre elles par des prolongements. Arnold croit avoir affaire à un réseau de canalicules.

Près de l'os, les lignes bleues deviennent plus fines et se rapprochent; elles affectent peu souvent la forme d'un réticulum; ce sont des figures fusiformes ou pointues. Pour Arnold, il s'agirait de fentes lymphatiques.

Dans l'os compact, il représente une striation perpendiculaire aux lamelles qu'il considère comme résultant de ce fait que le carmin d'indigo remplirait les canalicules osseux.

L'image rappelle celle du tissu osseux sec dont les canalicules contiennent de l'air. Le plus souvent la première rangée des corpuscules osseux voisins du périoste est seule colorée par le carmin d'indigo. L'intérieur des corpuscules est rempli d'une masse homogène parsemée de granulations bleues; on ne distingue pas le noyau.

Il conclut de ces images que les canalicules osseux et les lacunes ou corpuscules osseux sont destinés à transporter les matériaux nutritifs.

Pour Arnold, les canalicules qui se sont colorés dans ses expériences sont en communication directe avec le système sanguin et lymphatique.

Comme tous les auteurs du XIXe siècle (Voir *mon mémoire* 1905, p. 580), Arnold s'est mépris sur la nature des prolongements capsulaires qu'il regardait comme creux et destinés à transporter les

1. Ueber die Abscheidung des indigschwefelnsaurea Natrons im Knochengewebe. *Virchow's Archiv*, t. LXXI, p. 17, 1877.

sucs nutritifs ou la lymphe. Ce sont en réalité des prolongements pleins et figurés, qui représentent un système trabéculaire et qui se colorent, pendant la vie, par le carmin d'indigo. Les expériences d'Arnold sont des plus nettes, mais il les a mal interprétées parce qu'il n'avait pas une connaissance suffisante de la structure du tissu osseux.

On continue à invoquer cette expérience de J. Arnold comme une preuve de la présence des canalicules osseux dans les os vivants ou frais. J. Schaffer[1], par exemple, conseille de la faire pour mettre les canalicules osseux en évidence sur l'animal vivant.

Colquhoun[2], après avoir laissé séjourner quelques jours des coupes osseuses dans le bichromate de potasse à 3 0/0, croit pouvoir, par la nitratation consécutive, colorer les canalicules en noir.

Comme je l'ai montré (*mon mémoire*, 1905, p. 597), c'est là une coloration post-vitale des trabécules ou prolongements capsulaires.

IX. — Conclusions relatives aux colorations intra-vitales du tissu osseux.

Si nous comparons l'action de la garance, d'une part, celle du carmin d'indigo ou du bleu de méthylène, de l'autre, sur les tissus vivants, nous pouvons nous faire une idée des colorations intra-vitales. Le sang circulant transporte ces principes colorants dans l'intimité des organes et des tissus : tous les tissus *vasculaires* en contiennent. Des vaisseaux, les principes colorants se répandent, *par diffusion*, dans les tissus et leurs cellules. Mais les éléments de ces cellules ont une affinité plus ou moins grande pour l'un ou l'autre principe colorant : le protoplasma ou les substances amorphes choisissent et fixent davantage l'alizarine et la purpurine, qui ne se portent guère ou point du tout sur les éléments figurés (granulations ou trabécules). C'est le contraire pour le carmin d'indigo ou le bleu de méthylène, qui colorent davantage les éléments figurés des cellules ou des substances vivantes.

Tant qu'on n'examinait qu'à l'œil nu, on ne pouvait faire cette

1. Art. Knochen, *Encyklopädie der mikrosk. Technik*, 1903, p. 670.
2. Journal of Anatomy and Physiol., t. XXXIV, 1899.

distinction et l'on mettait la coloration sur le compte de la *nutrition* en général.

« Si l'on mêle, dit Magendie[1], de la garance à la nourriture d'un animal, au bout de quinze à vingt jours les os présentent une teinte rouge qui disparaît si l'on en cesse l'usage. » Il existe donc dans la profondeur des organes un mouvement moléculaire insensible qui produit toutes ces modifications. C'est ce mouvement intestin, inconnu dans sa nature, que l'on a nommé *nutrition* ou *mouvement nutritif*. Schreiber (*loc. cit.*) a raison de dire que c'est *par diffusion* que les principes colorants de la garance se répandent à travers la substance osseuse et la teignent en rouge, à l'exception des corpuscules osseux et de leurs prolongements. Mais c'est également *par diffusion* que le carmin d'indigo ou le bleu de méthylène arrivent dans la substance osseuse, et cependant ils colorent, non pas les parties amorphes, mais les portions figurées (capsules, granulations et prolongements capsulaires). Ces faits prouvent qu'outre la diffusion, il existe une affinité spéciale de chaque portion protoplasmique pour l'un ou l'autre principe colorant.

Autre distinction importante à établir : Serres et Doyère (*loc. cit.*, p. 162) ont fait voir, je le répète à nouveau, à l'Académie des aiguilles osseuses colorées en rouge et qui n'étaient que des fragments d'os ou de dent de mammifère, de reptile ou de poisson, qu'ils avaient enfoncés dans les muscles pectoraux d'un pigeon soumis au régime garancé. Retirés vingt-quatre heures ou trente heures après, ces fragments d'os ou de dents sont colorés de la même teinte (par places) que le squelette de l'oiseau lui-même.

Les résultats de Serres et Doyère sont exacts; mais, comme je l'ai montré plus haut (p. 451), les colorations *post-vitales* sont quelque peu différentes des colorations *intra-vitales* et on arrive à des conclusions erronées en confondant les unes avec les autres.

Enfin, comme l'ont établi ces deux anatomistes, nombre d'organes *vasculaires* se colorent pendant le régime garancé, mais les principes colorants s'y fixent d'une façon moins stable. Il est donc inexact de répéter, après Du Hamel, Flourens, Schreiber, etc., que les os seuls se colorent par la garance.

1. *Précis élémentaire de Physiologie*, t. II, p. 384.

On est également dans l'erreur lorsqu'on dit que l'os *adulte* ne se colore plus ou à peine pendant le régime garancé. C'est ainsi que J. Schaffer (*Encyklop. der mik. Technik*, p. 682) continue à soutenir à tort, à mon avis, que les seules portions osseuses qui se colorent seraient les lamelles en voie de formation. Partout où une lamelle osseuse, *jeune* ou *ancienne*, en voie de développement ou de résorption, est en contact avec un vaisseau sanguin transportant de la garance, elle se colore sur une certaine épaisseur. Si la teinte est moins prononcée sur la diaphyse d'un os adulte, c'est que les lames osseuses sont épaisses et les vaisseaux très espacés.

X. — Colorations intra-vitales et post-vitales. — Historique.

Par sa dureté et sa colorabilité pendant la vie, le tissu osseux est un objet d'étude précieux pour élucider plusieurs problèmes qui aujourd'hui encore sont des plus discutés. Je veux parler *de la structure du protoplasma vivant et de la colorabilité de la matière vivante pendant la vie.*

a) Structure de la cellule vivante.

On sait que Schleicher a vu, dans le noyau des cellules cartilagineuses vivantes, des filaments isolés, non anastomotiques. Flemming les a observés également et décrit le noyau comme constitué par des filaments contenus dans une masse homogène et sans structure.

Pour A. Fischer[1], nos théories sur la structure du protoplasma sont fondées la plupart sur l'examen du protoplasma fixé. Tous nos procédés de fixation durcissent ou précipitent les albuminoïdes contenus dans le corps cellulaire et leur donnent une forme granuleuse ou filamenteuse. Toutes les structures dites vitales ne sont, en somme, que des précipités protoplasmiques. On a entrevu des filaments et des granulations dans le protoplasma vivant, mais sous une forme moins définie qu'après l'action des réactifs. La structure est le résultat de la précipitation des albuminoïdes par les coagulants.

En introduisant des colorants dans le sang circulant, on avait obtenu des résultats différents : certaines portions figurées du protoplasma se colorent : ce sont les *granula* d'Ehrlich, les *microsomes* d'Altmann.

Avec le carmin d'indigo, J. Arnold (*Archives de Virchow*, t. 73 et 74, 1878) a coloré un réticulum dans les cellules cartilagineuses. De plus,

1. *Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas*, 1899, p. 67, 273 et 275.

il a mis en évidence (voir plus haut, p. 476), dans le tissu osseux, un système radié qu'il regarde comme un réseau creux, lymphatique.

O. Schultze[1], puis Mitrophanow[2], ensuite Meyer[3], faisant pénétrer dans l'animal vivant du bleu de méthylène ou du rouge neutre, ont coloré dans le cartilage des grains en bleu ou en rouge. C'est par l'alimentation d'une part, par les injections sous-cutanées de l'autre, que ces trois auteurs ont obtenu ces résultats.

J. Arnold[4] introduisit ces mêmes colorants sous la peau de la région sternale et examina, après 24 à 48 heures, à l'état frais, le cartilage sternal dans une solution de sel marin physiologique. Des granulations colorées furent observées dans l'intérieur des capsules cartilagineuses, dans le protoplasma intercellulaire ou péricellulaire et entre ces granulations des filaments colorés ou incolores. D'autre part, Arnold obtint des colorations identiques en mettant des coupes de cartilage frais du fémur de grenouille dans les solutions du bleu de méthylène ou de rouge neutre. De ces faits, Arnold conclut avec raison, à mon avis, que la structure physiologique est identique à celle que nous observons après l'action des fixateurs.

b) Parties vivantes de la cellule.

Quels sont les éléments vivants de la cellule?

Leydig, Schäfer, Brass, Friedländer, par exemple, considèrent le protoplasma homogène comme seul vivant; pour Flemming, au contraire, les filaments et le spongioplasma ou réticulum seraient vivants au même titre[5].

En faisant vivre des organismes inférieurs dans des solutions colorées ou en ingérant celles-ci dans le tube digestif ou les liquides intra-organiques, on est arrivé à colorer certains éléments. On a interprété ces colorations de façons bien différentes.

Teichmann[6] attribuait ces colorations, dites intra-vitales, aux lésions que subit le protoplasma; les précipités qui se forment se coloreraient seuls.

1. Voir l'historique dans A. Fischel, Untersuchungen über vitale Färbung, *Anatomische Hefte*, t. XVI, p. 420, 1901.
2. Die vitale Methylenblaureaction der Zellgranula, *Anatom. Anzeiger*, t. II, 1887.
3. Ueber Zellgranulationen, *Biol. Centralblatt*, vol. IV, 1889.
4. Ueber Structur und Architectur der Zellen, *Archiv f. mikros. Anatomie*, t. LII, p. 149, 1898. — Ueber die « vitale » Granulafärbung in den Knorpelzellen, etc. *Archiv f. mik. Anatomie*, t. LV, p. 479, 1900.
5. *Lotos*, 1896, n° 2.
6. *Mikrosk. Untersuchungen zur Lehre von der Fettresorption*, Diss. inaug., Breslau, 1891.

O. Schultze[1] prétend, au contraire, que les parties de la cellule qui se colorent préexistent dans le protoplasma.

Galeotti[2] mettait également la coloration sur le compte d'un précipité formé par la matière colorante ou sur celui de la phagocytose. Les produits élaborés ou paraplastiques se coloreraient seuls pendant la vie.

Selon Bolles Lee[3], il ne se produit jamais une teinture de la matière vivante dans le sens propre du mot. Il s'agit d'une simple absorption ou imbibition de la solution colorée par la cellule. Les granules ou les enclaves de la cellule, c'est-à-dire les éléments qui ne font pas partie de la trame vivante, subissent seuls une teinture véritable. Ces colorations vitales fournissent un moyen de distinguer dans une cellule les éléments vitaux de ceux qui ne le sont point.

S'il est difficile de se prononcer, c'est qu'on ne sait le plus souvent si l'on a affaire, quand l'élément se colore, à une cellule encore bien vivante ou déjà en voie de mortification.

Voici un aperçu rapide des essais qu'on a faits et des interprétations variées qu'on a proposées pour expliquer les résultats des colorations dites intra-vitales.

A. *Cellules végétales.*

Douglas Campbell[4] a pu, sur les cellules de *Tradescantia virginica*, colorer les noyaux en voie de division. Il a employé le dahlia, la mauvéine et le violet de méthyle; donc le noyau végétal présente une coloration intra-vitale.

Pfeffer[5] a constaté que la plupart des couleurs d'aniline passent dans le cytoplasma et le colorent. Le bleu de méthylène fait exception car il colore le suc cellulaire de Trianea bogotensis et non point le plasma qui circule. L'acide rosalique se comporte comme le bleu de méthylène. Plus tard, Pfeffer[6] montre que cette coloraiton intra-vitrale du suc cellulaire est due à une concentration ou accumulation du bleu de méthylène. Il plonge le *Lemna minor* dans une solution de bleu de méthylène de 0,001 p. 100; après une heure d'absorption, le suc cellulaire des cellules de Lemna renferme 1 p. 100 de méthylène. Donc, en une heure, le suc cellulaire contient une solution mille fois plus concentrée.

Magnus[7] dit que les poils radiculaires de Trianea bogotensis se

1. *Anatomischer Anzeiger*, t. II, 1887.
2. *Zeitschrift f. wissenschaft. Mikrosk.*, vol. XI, 1894
3. *Anatomie microscopique*, 2e éd. franç., 1896, p. 73, et édit. allem., 1898, p. 130.
4. *Untersuchung. bot. Institut*, Tübingen, t. II, p. 3, 1888.
5. *Arbeiten des botan. Instituts*, in Tübingen, vol. II, p. 179, 1886.
6. *Pflanzenphysiologie*, t. I, p. 103, 1897.
7. Intravitale Färbung pflanzicher Zellen, *Encyklopädie der mikrosk. Technik*, p. 622.

colorent très vite dans une solution de violet de méthyle à 0 mm. 0001 p. 100. Le cytoplasma en circulation se colore au bout de quelques minutes, ainsi que les enclaves granuleuses. Dès que le suc cellulaire commence à se colorer, la plante souffre, ce qui se traduit par l'apparition de vacuoles. La plante meurt, si on ne la transporte pas dans l'eau ordinaire, qui extrait les principes colorants du plasma en circulation, tandis que le suc cellulaire les retient énergiquement.

Dans une solution de 0,001 à 0,0005 p. 100 de violet de méthyle, le suc cellulaire se teint d'une façon intense au bout de 1 à 4 heures, tandis que le cytoplasma reste incolore et qu'il s'y forme des précipités cristallins. Après 4 à 6 jours, le suc cellulaire se décolore.

Th. Bokorny[1] a trouvé, sur les Algues, les Infusoires et la levure de bière, que ces effets des solutions diluées sur les cellules vivantes sont dus à l'accumulation de ces principes grâce à leur union, c'est-à-dire à une véritable combinaison chimique de la substance cellulaire avec les substances introduites, le sublimé et le sulfate de cuivre (Kupfervitriol).

50 centimètres d'une solution de ces poisons à 0 mm. 0001 p. 100 ne sont pas suffisants pour tuer 10 grammes d'Algues (Spirogyre): mais 50 centimètres cubes de 0 mm. 001 p. 100 de solution les tuent instantanément. Les sels s'unissent aux albuminoïdes des cellules végétales.

B. *Bactéries.*

Nakanishi[2] a coloré avec le bleu de méthylène les bactéries vivantes de la tuberculose et de la lèpre. Les principes colorants ne produisent pas une teinte diffuse; ils se fixent sur les granules et des enclaves de ces organismes. Les bactéries mortes se colorent autrement.

Toutes les bactéries sont, à l'état jeune, des organismes uni-cellulaires, possédant chacun un noyau.

Tant qu'elle est jeune, la bactérie a peu d'affinité pour le bleu de méthylène, car elle n'est formée que de protoplasma homogène. La substance *chromophile* n'y apparaît que chez la bactérie adulte. Le noyau est petit et se trouve au centre de la cellule. Le noyau se teint en bleu rougeâtre.

Les vibrions *mobiles* du choléra peuvent fixer beaucoup de principes colorants. Ce n'est pas une véritable teinture; il s'agit de l'incorporation de beaucoup de matières colorantes par l'activité propre du protoplasma.

La spore ne représente qu'un noyau modifié de la bactérie. Le noyau augmente de volume et perd la faculté de fixer les principes colorants.

1. Ueber Reaktionen der lebenden Zellen auf stark verdünnte Lösungen verschiedener Stoffe, *Pflüger's Archiv*, t. CVIII, p. 216, 1905.
2. *Münchener medic. Wochenschrift*, 6 fév. 1900, p. 186 et p. 680.

Ruzicka [1] a pu colorer avec le bleu de méthylène les bactéries vivantes : le protoplasma se colore d'une manière diffuse, mais les granulations et le réticulum intergranulaire fixent la couleur d'une façon intense.

C. *Cellules animales.*

La coloration des infusoires à l'état vivant, dit Henneguy [2], a été trouvée par Brandt (1878), Certes (1881) et Henneguy (1881). Quand les infusoires se trouvent dans des solutions très diluées de certaines couleurs d'aniline, elles continuent à vivre et leur corps ainsi que le noyau se colorent nettement. « La double coloration du noyau en vert et du protoplasma en violet s'obtient par l'emploi simultané du violet dahlia et du malachit-grün. »

Schindler [3] crut avoir coloré le noyau cellulaire chez les insectes.

Kolmer [4] a nourri des larves de *Corethra plumicornis* avec des infusoires colorés au bleu de méthylène. Les Corethra, qui sont très transparentes, montraient alors des ganglions nerveux teints en bleu. Cette coloration disparaît par moments, pour réapparaître plus tard. D'autres fois, une moitié du ganglion est teinte et l'autre incolore.

S. Mayer [5] mentionne l'action du rouge neutre : ajouté à l'eau où vivent les larmes de batraciens ou injecté sous la peau des mammifères, le rouge neutre colore les granula de la peau, du cartilage, etc.

Przesmyki [6] a pu colorer le noyau et le protoplasma de nombreux Infusoires vivants et de quelques Rotifères. Bien que coloré, le noyau de plusieurs Infusoires continue à poursuivre son évolution, car il se divise.

Loisel [7] a vu, sur une larve de diptère, tous les tissus se colorer lorsqu'il ajoute du bleu de méthylène ou du brun de Bismark à l'eau où vivait la larve. Dans les éponges, Loisel [8] a observé ces faits analogues lorsqu'il les faisait vivre dans l'eau contenant du rouge Congo, du bleu de méthylène et de la nigrosine.

Pour Loisel, le protoplasma des cellules reste incolore, les granulations, les enclaves et les vacuoles seules se colorent; quant au noyau, il peut se laisser colorer d'une façon uniforme à l'état vivant.

R. Höber [9] a nourri des larves de grenouille et des grenouilles adultes

1. *Archiv f. Hygiene*, 1903.
2. *Anatomie microscopique* de Bolles Lee et Henneguy, 1887, p. 440.
3. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, t. XXX, 1878.
4. *Biolog. Centralblatt*, t. XXIV, p. 221.
5. *Lotos*, Prag, 1896, n° 2.
6. Ueber die intra-vitale Färbung des Kerns und des Protoplasmas, *Biolog. Centralblatt*, t. XVII, 1897, p. 321 et 353.
7. *Soc. de Biol.*, 1897, p. 624.
8. *Ibid.* et *Journal de l'Anatomie*, 1898, p. 193.
9. Ueber Resorption im Darm *Pflüger's Archiv*, t. LXXXVI, p. 203, 1901.

avec des couleurs basiques d'aniline; dans les cellules épithéliales de l'intestin, ce sont ces vacuoles et les granula qui se colorent par ces couleurs d'aniline.

En traitant les tissus ainsi colorés par le molybdate d'ammoniaque, les vacuoles se décolorent et il se forme autour de chaque corps cellulaire un sac contenant la couleur sous forme de précipité.

Wolff[1] a vu les cellules ganglionnnaires et les fibres nerveuses des distomes se colorer en bleu, quand il injectait aux grenouilles du bleu de méthylène. Ces distomes étaient vivants et se trouvaient dans la vessie de la grenouille en expérience.

R. Krause[2] ne croit pas à la coloration du noyau de la cellule vivante. Les granulations seules du corps cellulaire se teignent, et parmi ces granulations se trouvent les corpuscules basilaires des cils vibratiles, par exemple ceux qu'on observe dans le vestibule de l'oreille des larves de lamproie, après l'injection de bleu de méthylène dans le sang.

Ruzicka[3] a employé simultanément le rouge neutre et le bleu de méthylène pour colorer les organismes inférieurs. Pendant la vie, les amibes et les foraminifères se colorent en rose (granula protoplasmiques et noyau). Après la mort, elles prennent le bleu de méthylène. Il en va de même des Flagellates, des Diatomées.

Les Turbellariés, les Rotifères et les Anguillules montrent également des cellules (testicule, ovaire et hypoderme) dont les noyaux se colorent en rose pendant la vie. Après la mort de l'animal, les noyaux deviennent bleus.

Les granula et les corpuscules basilaires des cellules à cils vibratiles de la grenouille se colorent en rose, tant que les cils sont en mouvement; dès que les cils sont inertes, ces formations deviennent bleues.

Pour Michaelis[4], il n'existe pas une seule observation authentique de coloration intra-vitale du noyau.

Fischel[5] a fait vivre des larves de grenouille, d'axolotl et de salamandre dans de l'eau additionnée de couleurs d'aniline. La coloration des cellules vivantes ne porte que sur les granula contenus dans le protoplasma; ni les filaments, ni les réseaux protoplasmiques ne prennent la couleur; le noyau, non plus.

Pour Fischel[6], il ne se fait chez les Métazoaires qu'une pénétration de principes colorants dans la substance du noyau; mais le noyau ne subit pas une véritable coloration. Les éléments qui se colorent dans la cellule ne sont que des résidus ou déchets de la nutrition.

En résumé, le noyau des cellules végétales se colore et il est

1. *Archiv f. Anatomie u. Entwicksgeschichte*, 1902.
2. *Anatom. Anzeiger*, vol. 24, p. 400, 1904.
3. *Archiv f. die gesammte Physiologie*, t. CVII, p. 497, 1905.
4. *Einführung in die Farbstoffchemie*, p. 109, Berlin, 1902.
5. Untersuchungen über vitale Färbung, *Anatomische Hefte*, vol. 16, p. 420, 1901.
6. Article Färbung (vitale), *Encyklopädie der mikros. Technik*, p. 349, 1903.

bien vivant, car il continue à se diviser. De plus, certaines couleurs d'aniline teignent le cytoplasma végétal, à l'exception du bleu de méthylène qui s'accumule dans le suc cellulaire. Il est cependant des auteurs qui ne considèrent pas ces colorations comme portant sur les cellules vivantes, car la plante souffre et meurt lorsqu'on prolonge son séjour dans les solutions qui contiennent le colorant. Certaines bactéries prennent le bleu de méthylène, qui se fixe sur les granulations et le réticulum chromophile.

Pour ce qui est des Amibes, des Foraminifères et des Infusoires, leur noyau et les granulations de leur corps cellulaire semblent se colorer pendant la vie. Il en serait de même de nombreuses cellules (cartilagineuses, épithéliales, nerveuses, etc.), des Métazoaires. Cependant ces prétendues colorations intra-vitales ne sont pas à l'abri de toute objection, car il se pourrait que certains éléments nucléaires ou cytoplasmiques prissent les couleurs parce que la cellule serait déjà en voie de mortification.

Les résultats que j'ai obtenus sur le cartilage et l'os prêtent bien moins au doute. En appliquant du bleu de méthylène sur le cartilage costal d'un animal vivant, j'ai vu [1] cellules et substance fondamentale du cartilage absorber le colorant. Si on cesse l'application du bleu de méthylène, la tache bleue se propage vers les portions voisines et centrales du cartilage et disparaît au bout de quelques jours, sans qu'il se produise la moindre nécrose dans le tissu. Il me semble que, dans ces conditions, on a bien affaire à une coloration intra-vitale, puisque, pendant et après l'absorption, le cartilage a conservé toutes ses propriétés vitales.

Les colorations intra-vitales de l'os parlent dans le même sens. Après avoir nourri un cobaye avec du son mêlé de garance, de bleu de méthylène, etc., et, après avoir constaté la coloration intra-vitale des os, il suffit de remettre l'animal au régime ordinaire pour voir disparaître toute teinte rouge ou bleue dans les os, sans voir survenir de nécrose dans le squelette. Le cartilage et l'os absorbent les principes colorants qui en imprègnent les éléments amorphes ou figurés, comme le font les substances nutritives. Plus tard, les parties vivantes s'en débarrassent à la façon des déchets

1. Des voies d'absorption du cartilage, *Soc. de Biologie*, 10 juin 1899, et *Journal de l'Anatomie et de la Physiol.*, 1900, p. 478.

organiques. Les colorations intra-vitales sont, à mon avis, des combinaisons avec les substances organiques c'est-à-dire le protoplasma vivant. Elles sont, il est vrai, très instables, comme le sont d'ailleurs toutes les combinaisons organiques.

XI. — *Conclusions générales.*

1. Certaines substances colorantes, peu ou point toxiques, teignent le tissu osseux vivant. Elles se combinent principalement avec la masse organique de l'os, car l'os embryonnaire, non calcifié encore, se colore comme l'os adulte.

2. Il faut distinguer deux groupes de substances colorantes intra-vitales : les unes (garance, rouge neutre et rouge congo) se portent de préférence sur le protoplasma amorphe du noyau, du corps cellulaire et de la substance osseuse; les autres (bleu de méthylène et carmin d'indigo) montrent plus d'élection pour les éléments figurés (réticulum chromatique et chromophile, capsule et prolongements capsulaires).

3. Les colorants intra-vitaux se comportent comme les principes nutritifs; ils s'unissent au protoplasma vivant, et, dès qu'on en suspend l'administration, ils disparaissent par désassimilation.

4. Les colorations intra-vitales démontrent la préexistence des éléments amorphes et figurés dans le tissu osseux, car ils affectent dans l'os vivant la même forme et la même disposition que dans l'os bien fixé et bien coloré. Les canalicules osseux ou les canaux du suc n'existent point dans l'os vivant.

Explication des figures I et II (pl. VIII).

Fig. I. — *Trabécule osseuse* de l'intérieur du canal médullaire du tibia à l'union de la diaphyse et de l'épiphyse (Cobaye IX). *1*, tissu médullaire; *2*, lamelles osseuses périphériques; *3*, 3 lamelles osseuses profondes, colorées en jaune uniforme sur le dessin, mais sur la préparation on voit la teinte *rouge* passer de 2 vers 3, c'est-à-dire de la superficie vers la profondeur, par les nuances *rose*, puis *rouge orange*, ensuite *orangé* et enfin *jaune*.

Fig. II. — *Trabécule osseuse du Cobaye* II (son et bleu de méthylène).

Les éléments figurés du tissu osseux sont bleus, tandis que les portions amorphes, qui sont restées à peu près incolores, ont pris une teinte jaune dans le picrate d'ammoniaque.

ÉTUDE SUR LE DÉVELOPPEMENT PHYLOGÉNIQUE DE CERTAINS MUSCLES SUS-HYOÏDIENS

Par H. ROUVIÈRE.

Chef des travaux anatomiques à la Faculté de médecine de Montpellier.

(*Travail du laboratoire d'anatomie de la Faculté de médecine de Montpellier*).
(*Professeur* : *M.* Gilis.)

(Planches IX, X, XI).

INTRODUCTION

Les muscles sus-hyoïdiens chez l'homme paraissent au premier abord très différents des formations musculaires qui les représentent dans la série des vertébrés. Aussi, les théories qui ont été émises, jusqu'aujourd'hui, pour expliquer le développement phylogénique de ces muscles, sont-elles en nombre à peu près égal à celui des auteurs qui se sont occupés de cette question.

C'est cette diversité d'opinions qui nous a engagé à entreprendre des recherches sur le même sujet.

Nous avons, au dernier congrès international d'Anatomie [1], indiqué nos conclusions en ce qui concerne le développement phylogénique du muscle digastrique. Dans les pages qui vont suivre, nous avons réuni tous les résultats que nous avons obtenus au cours de nos recherches, sur le développement phylogénique des muscles digastrique et génio-hyoïdien.

Nous ne consacrerons pas, dès le début de ce travail, un chapitre à une revue générale des travaux qui ont été déjà publiés à ce sujet. Pour rendre cette étude plus claire, il est préférable de

1. *Comptes rendus du premier congrès fédératif international d'anatomie*, Genève, août 1905.

les résumer et de les discuter lorsque nous exposerons les résultats auxquels nous ont conduit nos recherches.

Nous ne décrirons pas les muscles sus-hyoïdiens chez tous les animaux que nous avons étudiés. Ce serait répéter le plus grand nombre des descriptions déjà faites par un grand nombre d'auteurs. Nous examinerons seulement certaines espèces, celles que nous croyons indispensables pour expliquer nos conclusions.

En ce qui concerne la dénomination des formations musculaires décrites, il ne nous a pas été possible d'adopter la nomenclature d'un seul auteur. De plus, pour certains muscles, il nous a semblé utile de créer une dénomination nouvelle basée sur la situation et les insertions de chacun d'eux. Afin d'éviter toute confusion, nous ferons suivre, quand cela nous paraîtra utile, le nom de chaque muscle des synonymes les plus employés dans la littérature anatomique.

Enfin, nous décrirons les muscles qui nous intéressent dans le plancher buccal des vertébrés, en procédant toujours des plans superficiels aux plans profonds.

Nous exposerons nos recherches dans l'ordre suivant :

1° Dans un premier chapitre nous décrirons les muscles du plancher buccal, chez plusieurs espèces appartenant aux différentes classes des vertébrés.

2° Dans un deuxième chapitre, nous montrerons comment la morphologie comparée des muscles du plancher buccal, chez les différentes classes ou ordres de vertébrés, permet d'établir l'origine phylogénique des muscles, digastrique et génio-hyoïdien.

Nous appuierons notre thèse, en ce qui concerne l'origine phylogénique du ventre postérieur du digastrique, sur l'étude du développement de cette formation musculaire chez l'homme.

I

ÉTUDE DESCRIPTIVE

Nous examinerons successivement la disposition de certains muscles du plancher buccal dans les différentes classes de Vertébrés : *Poissons*, *Batraciens*, *Reptiles*, *Oiseaux*, *Mammifères*.

POISSONS

A. Sélaciens

Scyllium canicula.

1° Intermaxillaire. — (Feuillet superficiel du transverse jugulaire, Chaine). — Ce muscle est formé par deux feuillets, l'un antérieur, l'autre postérieur.

a) Feuillet antérieur. — Il forme une nappe musculaire à direction transversale. Les fibres s'attachent en dedans, sur un raphé aponévrotique médian. En dehors, elles s'insèrent sur le bord inférieur et l'angle postérieur de la mâchoire inférieure.

b) Feuillet postérieur. — Il est situé en arrière du précédent. Les fibres s'attachent sur un raphé médian, immédiatement en arrière des insertions internes du feuillet antérieur de l'intermaxillaire. De là, elles se dirigent obliquement en avant et en dehors, contournent l'angle postérieur de la mandibule, et se fixent sur le cartilage de Meckel, au-dessous de l'articulation de la mâchoire avec le cartilage palato-carré, et sur les cartilages hyo-mandibulaire et palato-carré.

2° Palato-hyoïdien. — (Feuillet palato-hyoïdien du transverse jugulaire, Chaine). — Ce muscle est situé immédiatement au-dessus du plan musculaire superficiel. Mince, de largeur variable, il dépasse quelquefois, en arrière, une ligne réunissant les angles postérieurs du maxillaire inférieur. Le bord antérieur du palato-hyoïdien reste toujours très éloigné de l'articulation intermaxillaire; toutefois, il est relié à cette articulation par une lame aponévrotique qui devient d'autant plus mince qu'on approche davantage de l'angle antérieur de la mâchoire inférieure.

Il s'insère en dedans sur la partie postérieure du raphé médian précédemment décrit. Ses fibres se dirigent en dehors en convergeant, et s'attachent sur la face ventrale de la portion externe du cérato-hyal.

3° Sterno-maxillaire. — Il est constitué par une bande musculaire longitudinale qui s'étend de la ceinture scapulaire jusqu'à l'angle antérieur de la mâchoire inférieure.

Examiné d'arrière en avant, ce muscle apparaît tout d'abord comme une formation impaire et médiane. Au voisinage de l'angle antérieur de la mâchoire, un sillon médian tout d'abord peu profond tend à diviser cette bande musculaire en deux faisceaux. Ce n'est qu'immédiatement en arrière de l'articulation intermaxillaire que ces deux faisceaux musculaires sont complètement séparés l'un de l'autre.

Il s'insère en arrière sur la ceinture scapulaire; la ligne d'insertion s'étend très loin, en dehors, sur le bord antérieur et la face ventrale des cartilages coracoïdes. Les fibres musculaires se dirigent en avant; mais en raison de la grande étendue que présente la ligne d'insertion postérieure, les fibres externes se portent obliquement en avant et en dedans. Les fibres musculaires se rassemblent ainsi, dans la région médiane du plancher buccal, en une masse commune, qui prend alors une direction postéro-antérieure.

A son extrémité antérieure, le sterno-maxillaire, divisé en deux faisceaux, s'attache sur le bord inférieur de la mâchoire, de part et d'autre de l'articulation intermaxillaire.

5° *Sterno-hyoïdien ou Sterno-glosse.* — Les deux muscles sterno-glosses sont situés sur la face dorsale du sterno-maxillaire. Sur les côtés, ils débordent ce dernier muscle; on aperçoit donc leurs faisceaux les plus externes sur une préparation où le sterno-maxillaire est encore en place.

Les insertions postérieures de ces deux muscles se confondent avec celles du sterno-maxillaire. De cette origine, ils se portent en avant, et constituent tout d'abord une masse musculaire médiane commune. Ils ne sont nettement distincts l'un de l'autre et des muscles voisins, que dans les deux tiers antérieurs de leur étendue.

L'extrémité antérieure de ces deux muscles se fixe sur la face inférieure de la pièce squelettique de la langue formée par la cupule de l'arc hyoïdien.

Raia marginata.

1° *Muscle abaisseur du museau.* — (Muscle abaisseur du museau, Moreau; — Feuillet superficiel du transverse jugulaire, Chaine). — Il est de forme triangulaire. La base du triangle est interne et répond

à l'aponévrose d'insertion du muscle, qui semble se dédoubler pour envelopper le sterno-maxillaire.

De leur insertion interne, les fibres se dirigent obliquement en avant et en dehors, et s'attachent, par l'intermédiaire d'un long ruban tendineux, étroit et mince, au voisinage du rostrum.

2° Intermaxillaire. — Ce muscle est dirigé obliquement en avant et en dehors. Il s'étend de la ligne médiane à la mâchoire inférieure.

Il s'insère, en dedans, par l'intermédiaire d'une aponévrose d'insertion, qui continue en avant celle du muscle abaisseur du museau. D'ailleurs, comme celle-ci, elle paraît se dédoubler pour engainer la portion correspondante du sterno-maxillaire. En dehors, les fibres musculaires se fixent sur le bord postérieur et la face ventrale du cartilage de Meckel.

3° Palato-hyoïdien. — Le palato-hyoïdien, de forme triangulaire, est situé en arrière du précédent. Les insertions internes se confondent avec celles de l'intermaxillaire. De là, les fibres se portent en dehors, et se séparent de ce dernier muscle. Elles contournent, en arrière et en dehors, le cartilage de Meckel et se terminent sur le palato-carré.

4° Sterno-maxillaire. — Il est semblable à celui de Scyllium canicula.

B. — Téléostéens.

Trutta fario L.

1° Hyo-maxillaire. — (Portion ventrale du génio- hyoïdien, Chaine). — Ce muscle, situé de chaque côté de la ligue médiane, a une direction à peu près antéro-postérieure. L'hyo-maxillaire d'un côté se fusionne avec celui du côté opposé vers la partie moyenne de son trajet, de telle manière que les deux muscles ne paraissent nettement séparés l'un de l'autre qu'au voisinage de leurs extrémités.

En arrière, chaque hyo-maxillaire s'attache sur la face ventrale de la branche correspondante de l'appareil hyoïdien. En avant, il s'insère sur le bord inférieur et la face interne de la mandibule, de chaque côté de l'articulation intermaxillaire.

2° Transverse. — De forme triangulaire, à base postérieure, il est impair et situé en arrière de l'angle antérieur des mâchoires. Il est constitué par des fibres musculaires, à direction horizontale, qui s'attachent sur une petite étendue de la face interne de la mandibule, de chaque côté de la ligne médiane.

Par sa face ventrale, il est en rapport avec la portion antérieure de l'hyo-maxillaire; par sa face dorsale il répond à la muqueuse buccale et à la terminaison des muscles hyo-glosses.

3° Hyo-glosse. — (Portion dorsale du génio-hyoïdien, Chaine). — Chaque hyo-glosse a ses origines postérieures confondues avec celles de l'hyo-maxillaire correspondant. Il se dirige en dedans et un peu en avant, et se termine sur la face profonde de la muqueuse buccale, à quelque distance du bord postérieur de la mandibule.

Chacun de ces muscles est en rapport, par sa face supérieure ou dorsale avec la muqueuse buccale; sa face inférieure est recouverte, en arrière, par la portion correspondante de l'hyo-maxillaire, et en avant, par le transverse.

BATRACIENS

A. — Anoures.

Rana esculenta.

1° Intermaxillaire. — (Intermaxillaire, Hoffmann; — Mylo-hyoïdien, Chaine; — Partie antérieure du mylo-hyoïdien, Rusconi). — Ce muscle, à fibres transversales, forme une nappe recouvrant presque entièrement la région du plancher buccal. Il s'insère, en dehors, sur la face interne de l'arc constitué par la mâchoire inférieure. De cette ligne d'insertion en fer à cheval, les fibres musculaires se dirigent transversalement en dedans, et se terminent sur un raphé fibreux médian, surtout bien visible dans la partie moyenne.

2° Transverso-hyoïdien. — (Partie postérieure du mylo-hyoïdien, Rusconi; — Transverso-hyoïdien, Chaine; — Intermaxillaris posterior, Hoffmann.) — Cette formation est située immédiatement en arrière de l'intermaxillaire.

En dedans, le transverso-hyoïdien est situé sur le même plan

que ce dernier et s'attache sur la portion postérieure du raphé médian. Les fibres musculaires se dirigent transversalement en dehors en devenant de plus en plus profondes, au fur et à mesure que l'on se rapproche de leur insertion externe; elles s'enfoncent entre la mâchoire inférieure et l'os hyoïde. et s'insèrent en dehors, sur l'extrémité de la corne principale de l'hyoïde, au voisinage du crâne.

3° *Transverse.* — (Mylo-hyoïdien interne, Volkmann et Stannius; — Transverse, Cuvier, Chaine; — Intermandibulaire, Humphry). — Comme chez les Téléostéens c'est un muscle impair, situé dans l'angle antérieur du plancher buccal. Les fibres qui le constituent sont légèrement recourbées en arc à concavité antérieure et s'attachent de part et d'autre de l'articulation intermaxillaire.

Ce muscle est interposé entre l'intermaxillaire et l'extrémité antérieure de l'hyo-maxillaire.

4° *Hyo-maxillaire.* — (Génio-hyoïdien ou Génio-hyoïdeus des auteurs). — Ce muscle, à direction longitudinale, situé de chaque côté de la ligne médiane, réunit l'appareil hyoïdien à la mâchoire inférieure. Il paraît se bifurquer à ses deux extrémités; toutefois cette division en deux chefs est beaucoup plus apparente à l'extrémité postérieure qu'à l'extrémité antérieure.

En arrière, les deux chefs s'attachent sur les cornes postérieures de l'hyoïde. Entre les deux chefs, s'engage l'extrémité antérieure du muscle sterno-hyoïdien. En avant, le muscle se termine par deux faisceaux sur la face interne de la mandibule, de chaque côté de l'articulation intermaxillaire.

L'hyo-maxillaire est en rapport : par sa face inférieure, avec l'intermaxillaire et le transverse, avec l'épisternum et le transverso-hyoïdien; par sa face supérieure il répond à la muqueuse buccale et au génio-glosse. Son bord externe se poursuit, comme l'a fait remarquer Chaine, « par une très mince aponévrose qui s'étend jusqu'à la mandibule sur la face interne de laquelle elle se fixe ». Enfin son bord interne est en contact, à ses deux extrémités, avec l'hyo-maxillaire du côté opposé, mais il s'en écarte vers sa partie moyenne, sur les deux tiers environ de sa longueur.

Bufo vulgaris.

1° Intermaxillaire. — Ce muscle s'insère, en dehors, sur la face interne de l'arc mandibulaire. Il est à remarquer d'une part, que la ligne d'insertion externe de ce muscle s'étend moins loin, en arrière, que chez Rana esculenta, et, d'autre part, qu'elle s'arrête en avant à quelque distance de l'articulation intermaxillaire. Ce muscle est formé de deux faisceaux; l'un postérieur, transversal, l'autre, antérieur, oblique en arrière et en dedans.

Ces deux faisceaux se terminent en dedans sur un raphé médian qui diffère de celui de Rana esculenta en ce qu'il est plus large, et qu'il se présente sous la forme d'un losange à grand axe antéro-postérieur. Des deux faisceaux de l'intermaxillaire, l'antérieur se termine sur le bord antéro-externe, le postérieur, sur le bord postéro-externe de ce losange aponévrotique.

Nous avons fait remarquer plus haut que ce muscle ne s'étendait pas en avant jusqu'à l'angle antérieur de l'espace intermaxillaire. Dans cette région, le bord antérieur du muscle se poursuit par une mince aponévrose qui s'étend jusqu'à l'articulation intermaxillaire.

2° Transverso-hyoïdien. — Ce muscle est ici plus large que chez la Grenouille.

En dedans, il s'insère sur le raphé médian; en dehors, il s'attache sur l'extrémité de la corne principale de l'hyoïde, et par quelques fibres, sur la portion du crâne avoisinant la zone d'attache de cette grande corne.

Les autres formations musculaires du plancher buccal de Bufo vulgaris sont à peu près semblables à celles de Rana esculenta.

B. — Urodèles

Nous indiquerons les caractères anatomiques des formations musculaires qui nous intéressent, chez les Urodèles, en nous basant sur les descriptions qui ont été faites des muscles du plancher buccal chez différentes espèces d'Urodèles et sur les dissections que nous avons faites de Salamandra maculosa.

L'intermaxillaire est semblable à celui des Anoures.

Le *transverso-hyoïdien* est formé de deux faisceaux, l'un antérieur, l'autre postérieur. Le faisceau antérieur correspond au transverso-hyoïdien des Anoures; il en diffère en ce que, au voisinage de son insertion interne, il est placé sur la face dorsale de l'intermaxillaire. Le faisceau postérieur s'insère sur l'angle postérieur de la mâchoire et quelquefois sur le premier arc branchial, (Siredon pisciformis, Chaine). De là les fibres se dirigent vers la face ventrale où elles se terminent sur une aponévrose.

Le muscle *transverse* n'existe pas chez la plupart des Urodèles.

Enfin les muscles *hyo-maxillaires* sont séparés l'un de l'autre, sur toute leur longueur. Comme l'a bien montré Chaine, et comme nous avons pu le voir chez la Salamandre, les connexions du génio-hyoïdien avec le stylo-hyoïdien sont beaucoup plus intimes que chez les Anoures.

REPTILES

A. — Sauriens

Lacerta viridis.

1° Hyo-maxillaire. — (Génio-hyoïdien, Cuvier, Mivart; — Génio-hyoïdeus, Hoffmann; — Génio-hyoïdien et Digastrique, Chaine).

Ce muscle se fixe en avant sur le bord inférieur et un peu sur la face interne de la mâchoire inférieure. Cette zone d'insertion s'arrête, en arrière, à quelque distance de l'angle postérieur de la mâchoire. Les fibres musculaires se portent d'avant en arrière et se terminent d'une façon différente suivant les faisceaux que l'on considère. La plus grande partie des fibres charnues se fixe sur le bord antérieur et la face ventrale de la grande corne de l'os hyoïde. Quelques fibres superficielles de la portion interne du muscle passent, sans s'arrêter, sur la grande corne de l'appareil hyoïdien et se continuent avec les faisceaux musculaires du cléido-hyoïdien. Enfin la portion la plus externe de l'hyo-maxillaire se sépare, en arrière, de la portion principale du muscle, et se fixe sur la corne antérieure de l'appareil hyoïdien. Cette portion externe du muscle se continue en dehors par une formation en partie aponévrotique, en partie musculaire, qui se fixe d'une part sur la mandibule et

d'autre part sur les apophyses épineuses des vertèbres cervicales.

2° *Intermaxillaire.* — Mylo-hyoïdeus, Hoffmann; — Mylo-hyoïdien, Cuvier).

Ce muscle est constitué par plusieurs faisceaux minces, séparés les uns des autres par des espaces en forme de fentes transversales. A travers ces fentes s'insinuent des faisceaux de l'hyo-maxillaire, qui croisent la face ventrale des faisceaux de l'intermaxillaire pour aller s'insérer sur la mandibule.

Les faisceaux de l'intermaxillaire s'attachent en dehors sur la face interne de la mâchoire inférieure; ils se dirigent transversalement vers la ligne médiane où ils se terminent.

Lacerta ocellata.

Chez Lacerta ocellata, l'intermaxillaire est intimement uni, sur la face ventrale du cou, avec le peaucier.

Chez lui, on remarque plus nettement encore que chez Lacerta viridis, l'entrecroisement des faisceaux de l'intermaxillaire avec ceux de l'hyo-maxillaire.

Chameleon vulgaris.

1° *Intermaxillaire superficiel.* — (Intermaxillaris, Hoffmann; — Mylo-hyoïdien antérieur, Mivart; — Mylo-hyoïdien, Chaine).

C'est une mince couche musculaire qui recouvre les deux tiers antérieurs du plancher buccal. En dehors, l'intermaxillaire s'insère sur la face interne de la mâchoire inférieure. Les fibres, transversales en avant, légèrement obliques en arrière, se terminent sur la ligne médiane en se confondant avec celles du côté opposé.

2° *Transverse jugulaire.* — (Mylo-hyoïdeus posterior, Mivart, Hoffmann; — Transverse jugulaire, Chaine).

Ce muscle, mince, s'attache, en dehors, sur la partie interne de l'os carré. Cependant les fibres les plus postérieures de ce muscle paraissent remonter plus haut et se perdre sur l'occipital. De cette insertion, les fibres se dirigent en divergeant, en bas, en avant et en dedans. Les fibres les plus antérieures s'entrecroisent avec les

faisceaux postérieurs de l'intermaxillaire en s'engageant sur leur face dorsale.

L'obliquité des fibres postérieures de l'intermaxillaire superficiel est inverse de celle des faisceaux antérieurs du transverse jugulaire. Par suite, il existe en dehors de la ligne médiane et entre les faisceaux les plus rapprochés de ces muscles, un espace triangulaire, à base externe, traversé par l'hyo-maxillaire superficiel et externe que nous décrirons plus loin.

3° *Intermaxillaire profond.* — (Mylo-hyoïdien interne, Chaine.)

Ce muscle à fibres transversales, est placé sur la face dorsale de l'intermaxillaire superficiel. Comme celui-ci, il s'étend de la face interne de la mandibule jusqu'à la ligne médiane où les fibres s'entrecroisent avec celles du côté opposé. Ce muscle est moins étendu que l'intermaxillaire superficiel; une mince aponévrose continue le muscle en avant et s'étend jusqu'à l'angle antérieur de la mâchoire.

4° *Hyo-maxillaire superficiel.* — (Cérato-mandibulaire, Mivart; — Mylo-cératoïdien, Cuvier; — Génio-cératoïdien, Hoffmann; — Digastrique, Chaine).

Ce muscle s'insère en arrière sur l'extrémité externe de la grande corne de l'os hyoïde. Il se dirige en avant, passe sur la face dorsale du transverse jugulaire, traverse ensuite l'espace compris entre ce dernier muscle et le bord postérieur de l'intermaxillaire. Il devient alors superficiel, et se met en rapport avec la face ventrale de l'intermaxillaire superficiel, jusqu'à sa terminaison antérieure qui a lieu sur le tiers moyen du bord inférieur de la mandibule.

5° *Hyo-maxillaire profond.* — (Génio-hyoïdeus, Hoffman, Cuvier; — Génio-hyoïdien, Chaine).

Ce muscle prend une large insertion postérieure sur la grande corne de l'os hyoïde. Les fibres se portent en avant en se divisant en deux ou trois faisceaux plus ou moins distincts. Il passe sur la face dorsale du transverse jugulaire et des intermaxillaires, atteint la partie antérieure de la mandibule où il se termine au voisinage de la ligne médiane.

B. — Ophidiens

Eryx jaculus.

1° Hyo-maxillaire superficiel. — (Mylo-hyoïdien, Hoffmann; — Génio-hyoïdien, Chaine).

Ce muscle s'étend de la mâchoire inférieure aux grandes cornes de l'appareil hyoïdien. Il s'insère en avant par l'intermédiaire d'une aponévrose tendineuse, sur le bord inférieur et la face externe du maxillaire inférieur. Les fibres les plus antérieures se fixent à quelque distance en arrière de l'angle antérieur de la mâchoire. De cette origine, les fibres se dirigent en arrière et un peu en dedans vers l'appareil hyoïdien. Elles se terminent sur les deux tiers internes du bord antérieur et de la face ventrale des cornes hyoïdiennes.

2° Cervico-maxillaire. — (Cervico-mandibulaire, Cuvier; — Digastrique, Chaine).

Ce muscle constitue une large bande musculaire, qui va de la mâchoire inférieure aux apophyses épineuses des vertèbres cervicales.

Les attaches postérieures de ce muscle se font sur la mâchoire inférieure par une aponévrose tendineuse qui fait suite à l'aponévrose d'insertion de l'hyo-maxillaire. Cette aponévrose ne dépasse pas en arrière le milieu de l'espace compris entre l'angle antérieur et l'angle postérieur de la mâchoire.

De leur insertion sur le maxillaire, les fibres se portent en arrière, parallèlement à la ligne médiane, jusqu'au niveau de l'angle postérieur du maxillaire; elles prennent ensuite une direction oblique en haut et en arrière, parviennent ainsi sur la région dorsale du cou, et se terminent sur les apophyses épineuses des premières vertèbres cervicales, par l'intermédiaire d'une aponévrose tendineuse très résistante.

Un interstice celluleux sépare le muscle cervico-maxillaire de l'hyo-maxillaire.

3° Intermaxillaire. — (Intermaxillaris, Hoffmann; — Transverse, Chaine).

L'intermaxillaire se retrouve chez tous les Ophidiens avec des

caractères à peu près constants; cependant les auteurs ne sont pas d'accord sur sa configuration et ses insertions.

Pour d'Alton[1], ce muscle examiné chez Python bivittatus, est impair et formé de faisceaux musculaires qui traversent la ligne médiane et s'étendent d'une branche mandibulaire à l'autre.

Pour Chaine, au contraire, l'intermaxillaire, chez Botrops lanceolatus, etc., est un muscle pair qui réunit chaque branche mandibulaire à un raphé médian commun aux deux muscles.

Chez Eryx jaculus, il a la forme d'un X. Il est constitué par deux faisceaux qui traversent obliquement et en sens inverse le plancher buccal, et s'entrecroisent sur la ligne médiane.

Chacun de ces faisceaux s'attache en avant sur la face interne du maxillaire inférieur, au voisinage de l'angle antérieur de la mâchoire. Il se dirige en dedans et en arrière, croise la ligne médiane et se termine sur la face interne de la mandibule à l'union de son tiers moyen avec son tiers postérieur. Cependant toutes les fibres ne vont pas ainsi d'une branche mandibulaire à l'autre. Au niveau de la zone d'entrecroisement des faisceaux se trouve un épaississement aponévrotique qui adhère intimement, sur la ligne médiane, à la portion correspondante de la face ventrale de l'intermaxillaire. On voit, à ce niveau, les fibres les plus superficielles se terminer sur la face profonde de cet épaississement fibreux.

4° *Hyo-maxillaire profond.* — (Génio-hyoïdeus, Meckel; — Protracteur hyoïdien, D'Alton).

Ce muscle s'attache en avant sur la face interne de l'arc mandibulaire de chaque côté de la ligne médiane. De cette origine, il se porte directement en arrière et forme une bande musculaire étroite et aplatie qui longe le fourreau de la langue. En arrière, il se fusionne avec l'hyo-glosse et s'attache, avec ce dernier muscle, sur la branche correspondante de l'appareil hyoïdien, au voisinage de son extrémité postérieure.

1. D'Alton, Beschreibung des Muskelsystems eines Python bivittatus; *Archiv für natomie und Physiologie*, 1834.

C. — Chéloniens

Testudo græca.

1° Intermaxillaire. — (Mylo-hyoïdien, Stannius, Chaine.)

Ce muscle s'insère sur la face interne du maxillaire inférieur, depuis la symphyse jusqu'au voisinage de l'angle postérieur. De cette origine, les fibres se dirigent obliquement en arrière et en dedans. Les fibres antérieures se terminent sur un raphé médian; les postérieures s'attachent sur la face ventrale du corps de l'hyoïde.

2° Peaucier. — (Latissimus colli, Bojanus, Owen; — Transverse jugulaire, Chaine.)

Ce muscle est constitué par des fibres transversales; toutefois, les fibres antérieures sont légèrement obliques en avant et en dedans. Elles s'étendent de la face dorsale du cou et du crâne à la face ventrale de la région cervicale. Elles se terminent à ce niveau sur un raphé médian; seules les fibres les plus antérieures se fixent sur la partie postérieure de la face ventrale du corps de l'os hyoïde. Le bord antérieur de ce muscle limite, avec la portion externe du bord postérieur de l'intermaxillaire, un espace triangulaire dont la base répond à l'angle postérieur de la mâchoire.

3° Hyo-maxillaire superficiel. — (Hyo-maxillaris, Bojanus, Owen; — Cérato-maxillaris, Hoffmann; — Digastrique, Chaine.)

Ce muscle s'étend du maxillaire inférieur à la grande corne de l'appareil hyoïdien.

Il s'attache, en avant, sur le bord inférieur et la face interne de la mâchoire, à la réunion de ses deux tiers antérieurs avec son tiers postérieur. Les fibres forment une lame musculaire, aplatie transversalement, qui se porte en arrière et un peu en dehors. Elle se termine sur le bord antérieur, et les faces ventrale et dorsale de la grande corne hyoïdienne. Cette ligne d'attache postérieure est très étendue; elle n'atteint pas cependant en dehors l'extrémité de la corne.

De son extrémité antérieure à son insertion hyoïdienne, l'hyo-maxillaire superficiel est tout d'abord en rapport avec la face ventrale de l'intermaxillaire; il traverse ensuite l'espace triangulaire compris entre l'intermaxillaire et le peaucier; il devient alors pro-

fond et se place, jusqu'à sa terminaison, sur la face dorsale du peaucier.

4° Hyo-maxillaire profond. — (Génio-hyoïdien, Chaine.)

Ce muscle s'attache d'une part sur la face ventrale du corps de l'appareil hyoïdien, immédiatement en avant des insertions du cérato-hyoïdien. De cette zone d'insertion postérieure, le muscle se porte directement en avant, entre en contact par sa face interne, avec l'hyo-maxillaire profond du côté opposé, et se termine sur la mâchoire inférieure au voisinage de la ligne médiane.

D. — Crocodiliens

Il nous a été impossible de nous procurer une espèce quelconque de Crocodiliens. Chez cet ordre de reptiles, les muscles du plancher buccal constituent une forme de transition très intéressante; aussi croyons-nous utile de résumer la minutieuse description faite par Chaine de Crocodilus vulgaris et de Gavialis gangeticus.

Crocodilus vulgaris.

1° Mylo-hyoïdien. — C'est une lame musculaire épaisse dont les fibres, transversales en avant, obliques en arrière, s'insèrent sur la face interne du maxillaire inférieur et se terminent sur la ligne médiane en s'entrecroisant avec celles du mylo-hyoïdien du côté opposé.

2° Transverse jugulaire. — Ce muscle est formé de fibres à direction plus ou moins oblique, qui recouvrent toute la partie antérieure du cou. Ses insertions externes se font par l'intermédiaire d'une aponévrose épaisse, qui s'attache sur la face interne du tiers postérieur du maxillaire inférieur et sur l'apophyse qui prolonge la mandibule en arrière de son articulation. En dedans, les fibres se terminent sur un raphé médian.

3° Digastrique. — Ce muscle s'étend de l'extrémité de la corne postérieure de l'hyoïde au tiers postérieur de la face interne du maxillaire. Il est placé, en arrière, sur le transverse jugulaire; il devient ensuite superficiel en traversant l'espace triangulaire compris entre le bord postérieur du mylo-hyoïdien et les fibres antérieures du transverse jugulaire.

4° Génio-hyoïdien. — Il s'insère en avant sur la face interne du maxillaire inférieur vers sa partie moyenne. De là ses fibres se dirigent en arrière. La plus grande partie des fibres passent sur la face ventrale de la corne antérieure de l'appareil hyoïdien, et vont s'insérer sur le bord antérieur de l'os coracoïde. Quelques fibres s'arrêtent sur la corne antérieure de l'hyoïde.

Gavialis gangeticus.

Parmi les muscles du plancher buccal de Gavialis gangeticus, le digastrique et le génio-hyoïdien diffèrent seuls des muscles correspondants de Crocodilus vulgaris.

1° Digastrique. — « Ce muscle présente un aspect semblable à celui du génio-hyoïdien du Crocodile; il s'étend, en effet, du maxillaire inférieur à la ceinture scapulaire; mais, par tous ses autres caractères, il se rapproche entièrement du digastrique de cet être; il passe sur la face ventrale du mylo-hyoïdien. » (Chaine.) Ce muscle présente comme autre caractère très important d'être divisé eu deux ventres par un tendon médian et arrondi.

2° Génio-hyoïdien. — Ce muscle, situé sur la face dorsale du mylo-hyoïdien, s'étend de la face interne du maxillaire inférieur à l'extrémité de la corne antérieure de l'appareil hyoïdien.

OISEAUX

A. — Rapaces

Buteo vulgaris.

1° Intermaxillaire. — (Mylo-hyoïdien, Cuvier, Schneider, Gadow.) Ce muscle est formé de fibres à direction oblique en dedans et en arrière, qui occupent toute la moitié antérieure du plancher buccal Elles s'insèrent en dehors sur la face interne du maxillaire inférieur et se terminent en dedans sur un raphé aponévrotique médian très étroit.

2° Transverse jugulaire. — (Serpi-hyoïdien, Cuvier; — Retrahens linguæ, Wiedemann; — Serpi-hyoïdeus et Stylo-hyoïdeus, Gadow: — transverse jugulaire, Chaine.)

Le transverse jugulaire est formé par deux feuillets musculaires principaux, situés l'un en arrière de l'autre.

a) *Feuillet postérieur.* — Ce feuillet s'insère par deux chefs, l'un externe, l'autre interne. Le chef externe s'attache sur la face externe de l'apophyse qui prolonge en arrière l'angle postérieur du maxillaire inférieur. Les fibres musculaires se portent de là vers la ligne médiane; les antérieures se dirigent obliquement en avant et en dedans; les postérieures ont une direction moins oblique. Elles se terminent sur un raphé fibreux médian qui fait suite à celui du mylo-hyoïdien.

Le chef interne se fixe sur l'occipital par l'intermédiaire d'une aponévrose très résistante. En dedans il se confond avec les fibres musculaires du chef externe.

b) *Feuillet antérieur.* — Il s'attache en dehors sur la mâchoire inférieure, immédiatement en avant de l'insertion du chef externe du feuillet postérieur. De cette insertion il se porte obliquement en avant et en dedans sur le bord externe de la grande corne de l'appareil hyoïdien, au voisinage de son extrémité antérieure.

Ce feuillet est intimement uni au précédent par l'intermédiaire de tissu conjonctif très dense. Il est, en outre, recouvert en arrière par les fibres les plus antérieures du feuillet postérieur.

3° Hyo-maxillaire — (Protrahens linguæ, Wiedemann; — Génio-hyoïdeus, Gurlt, Gadow; — Génio-hyoïdien, Chaine.)

Ce muscle est ici constitué par un seul faisceau musculaire qui s'insère en arrière sur la partie moyenne de la grande corne de l'appareil hyoïdien. Les fibres musculaires se portent en avant et se terminent sur la partie antérieure de la face interne du maxillaire inférieur.

En arrière le muscle est placé sur la face dorsale du transverse jugulaire; il devient ensuite superficiel et traverse le triangle limité, en arrière, par le faisceau antérieur du transverse jugulaire, en avant, par les fibres postérieures de l'intermaxillaire. Il passe ensuite sur la face ventrale de l'intermaxillaire et conserve cette situation jusqu'à sa terminaison antérieure.

B. — Gallinacés

Gallus gallinaceus.

1° Intermaxillaire. — Ce muscle occupe toute la partie antérieure de l'espace compris entre les branches de la mâchoire inférieure. Il s'insère en dehors sur la face interne du maxillaire inférieur, dans les deux tiers antérieurs de son étendue. La ligne d'insertion s'étend en avant jusqu'à l'angle antérieur du maxillaire. En dedans, l'intermaxillaire se perd sur un raphé fibreux médian.

Les fibres musculaires antérieures sont transversales, les fibres postérieures prennent une direction oblique en arrière et en dedans.

2° Transverse jugulaire. — Ce muscle est composé de trois faisceaux musculaires; l'un superficiel, les deux autres profonds.

a) Faisceau superficiel. — Ce faisceau, de forme triangulaire, s'attache par son sommet sur la face externe de l'apophyse postérieure du maxillaire inférieur. De là, les fibres postérieures se portent transversalement vers la ligne médiane; les antérieures se dirigent obliquement en avant et en dedans. Ce faisceau musculaire se termine sur un raphé médian, qui se continue avec celui de l'intermaxillaire.

b) Les deux faisceaux profonds sont placés sur le même plan, l'un en avant de l'autre. Le faisceau postérieur se fixe sur la face externe de l'apophyse postérieure du maxillaire inférieur. De cette insertion les fibres se portent obliquement en dedans et en avant vers la ligne médiane; cette direction oblique est surtout marquée pour les fibres antérieures. Ce faisceau musculaire se termine sur un raphé médian. Le faisceau antérieur est moins large que le précédent. Il s'insère sur l'apophyse postérieure de la mandibule et se porte obliquement en avant et en dedans. Son insertion interne se fait sur la grande corne, au voisinage du basi-hyal. Le bord antérieur de ce faisceau limite avec les fibres postérieures de l'intermaxillaire un espace triangulaire dont la base externe est formée par le bord inférieur du maxillaire inférieur.

3° Hyo-maxillaire. — Ce muscle s'étend de la grande corne hyoïdienne à la mâchoire inférieure.

Il s'attache en arrière sur la grande corne de l'appareil hyoïdien.

Nous ne décrirons pas les particularités que présentent les insertions hyoïdiennes de ce muscle : elles ont été minutieusement décrites par les auteurs et en particulier par Chaine.

Les fibres se portent directement en avant. Elles constituent une lame musculaire aplatie de haut en bas, qui passe sur la face dorsale du transverse jugulaire, et ne tarde pas à se diviser en deux faisceaux secondaires, l'un externe, l'autre interne.

a) *Faisceau externe.* — Le faisceau externe se dirige en avant. Il croise le bord antérieur du transverse jugulaire, traverse ensuite, en s'accolant à la mâchoire inférieure, l'espace triangulaire compris entre le faisceau antérieur du transverse jugulaire et les fibres postérieures de l'intermaxillaire. Il est en rapport au niveau de son insertion antérieure, qui se fait sur le bord inférieur et la face externe de la mâchoire, avec la face inférieure ventrale de ce dernier muscle. Ce rapport a été signalé par Chaine chez le dindon domestique. Nous l'avons constamment trouvé chez la poule. Chez cette dernière espèce, il est cependant moins étendu que chez le dindon.

b) *Faisceau interne.* — Le faisceau interne se présente sous la forme d'un ruban musculaire qui se porte directement en avant. Il se termine sur la face interne de la mandibule au voisinage de la symphyse de la mâchoire inférieure.

En arrière, ce faisceau musculaire est situé dans un plan horizontal; dans ces deux tiers antérieurs il est aplati de dehors en dedans. Ce muscle, en effet, subit au cours de son trajet un mouvement de torsion tel que la face qui est ventrale en arrière devient externe en avant.

C. — Passereaux

Corvus corone.

1° Intermaxillaire. — Ce muscle forme une lame musculaire qui s'étend de la face interne de la mandibule à la ligne médiane. Le bord postérieur est fortement oblique en arrière et en dedans. Les fibres de ce muscle ont une direction parallèle à ce bord. Cette obliquité diminue d'autant plus qu'on se rapproche davantage de l'angle antérieur de la mandibule.

2° Transverse jugulaire. — Ce muscle est formé de deux faisceaux, l'un antérieur, l'autre postérieur.

a) Faisceau antérieur . — Il s'insère sur la face externe de l'apophyse postérieure du maxillaire inférieur. Il se porte de là en avant et en dedans, contourne la face externe de la grande corne hyoïdienne correspondante, et se fixe en avant sur le basi-hyal.

b) Faisceau postérieur. — Ce faisceau a la forme d'un large éventail. Il s'insère par son sommet sur la base du crâne. De cette insertion, les fibres se dirigent en bas et en dedans, glissent sur la face interne de la mandibule, s'engagent entre celle-ci et la grande corne hyoïdienne correspondante, et viennent enfin, en divergeant, se terminer sur un raphé médian.

3° Hyo-maxillaire. — Ce muscle s'attache sur la grande corne hyoïdienne, en s'enroulant autour de cette corne. En se portant en avant, il entre successivement en rapport avec la face dorsale du transverse jugulaire et avec la face ventrale de l'intermaxillaire. Il se termine sur la face interne de la mâchoire inférieure.

Chaine distingue à ce muscle deux faisceaux, l'un externe, l'autre interne. Cet auteur fait cependant remarquer que « sur tout leur parcours ces deux faisceaux sont très accolés l'un à l'autre, de sorte qu'au premier aspect on pourrait penser à l'existence d'une bande unique; ils sont en même temps reliés entre eux par des anastomoses musculaires ».

D. — Pigeons

Columba livia.

1° Intermaxillaire. — Il présente les mêmes dispositions que chez les espèces précédemment décrites.

2° Transverse jugulaire. — Ce muscle est constitué par deux faisceaux, l'un superficiel, l'autre profond.

a) Faisceau superficiel. — Ce faisceau s'attache, en dehors, sur l'apophyse postérieure du maxillaire inférieur. Les fibres musculaires divergent ensuite en éventail et se dirigent obliquement en avant et en dehors. Elles se terminent sur un raphé médian très étroit qui continue en arrière le raphé d'insertion du muscle intermaxillaire.

b) *Faisceau profond.* — Il s'insère sur l'apophyse postérieure de la mâchoire, immédiatement au-dessus des insertions externes du faisceau précédent : il se dirige en avant et en dedans. Il est d'abord en rapport avec la partie antérieure de la face dorsale du faisceau superficiel. Puis il contourne la face externe des cornes de l'appareil hyoïdien, glisse sur la face dorsale de ces cornes, et se termine sur la base de la langue.

3° Hyo-maxillaire. — Ce muscle s'attache en arrière sur la grande corne hyoïdienne, autour de laquelle il s'enroule. De cette insertion postérieure, le muscle se dirige en avant et se divise au cours de son trajet en deux faisceaux, l'un externe, l'autre interne.

Le faisceau externe se fixe sur le milieu de la face interne de la mandibule. La ligne d'insertion de ce faisceau est verticale, perpendiculaire par conséquent à la direction de la branche mandibulaire.

Le faisceau interne passe sur la face ventrale de l'intermaxillaire et se termine également sur la mâchoire inférieure.

E. — Palmipèdes

Anas boschas domestica.

Cette espèce se distingue de toutes celles que nous avons précédemment étudiées en ce que le muscle intermaxillaire est double et qu'il est disposé sur deux plans superposés.

1° Intermaxillaire superficiel. — Ce muscle constitue une nappe musculaire dont les fibres ont une direction légèrement oblique en dedans et en arrière. Il s'insère, d'une part, sur la face interne de la mâchoire inférieure, d'autre part, il se termine sur un raphé médian. Le muscle se continue en avant par une lame aponévrotique.

2° Intermaxillaire profond. — L'intermaxillaire profond constitue une lame musculaire à peu près transversale. Il s'attache en dehors sur la face interne de la mandibule, immédiatement au-dessus de la ligne d'insertion de l'intermaxillaire superficiel. Il se fixe en dedans sur un raphé médian très étroit.

3° Transverse jugulaire. — Ce muscle s'attache en dehors sur la face externe de l'apophyse postérieure du maxillaire inférieur.

Il se dirige obliquement en avant et en dedans. Au cours de son trajet, il se divise en deux faisceaux, l'un postérieur et interne, l'autre antérieur et externe.

Le faisceau postérieur croise la grande corne correspondante de l'appareil hyoïdien, passe sur la face dorsale de l'intermaxillaire profond et se termine sur un raphé médian.

Le faisceau antérieur prend ses attaches terminales sur la face dorsale du basi-hyal et sur l'extrémité antérieure de la grande corne.

4° *Hyo-maxillaire.* — Il s'insère en arrière sur la grande corne de l'hyoïde autour de laquelle il s'enroule. Il forme dès son origine une lame musculaire très puissante qui se divise en deux faisceaux. Ceux-ci s'attachent sur la face interne de la mâchoire, l'un au-dessus, l'autre au-dessous des faisceaux postérieurs des deux muscles intermaxillaires.

Sur les deux sujets que nous avons étudiés, nous avons toujours vu, contrairement à la description de Chaine, l'extrémité antérieure des deux faisceaux de l'hyo-maxillaire dépasser en avant le bord postérieur des muscles intermaxillaires.

Larus tridactylus.

Chez Larus tridactylus, l'intermaxillaire profond n'existe pas. L'intermaxillaire superficiel et le transverse jugulaire ne présentent rien de particulier à signaler. L'hyo-maxillaire est constitué par un seul faisceau qui se met en rapport avec la face ventrale de l'intermaxillaire.

F. — Grimpeurs [1]

Chez les grimpeurs, les muscles du plancher buccal offrent une disposition un peu différente suivant les espèces examinées, comme en témoigne la description faite par Chaine de Picus major et de Chrysotis amazonica.

1. En ce qui concerne les Grimpeurs et les Échassiers, nous ne croyons pas nécessaire de décrire une espèce de chacun de ces ordres. Les muscles du plancher buccal, chez ces êtres, affectent une disposition semblable à celle que nous avons rencontrée chez l'une ou l'autre des espèces précédemment décrites. Nous ne ferons, en nous appuyant sur les descriptions qui précèdent, qu'une étude comparative des muscles qui nous intéressent.

1° *Intermaxillaire.* — Chez le pic épeiche, l'intermaxillaire est semblable à celui des passereaux; chez le chrysotis amazone, il est constitué par deux feuillets rappelant ceux que nous avons décrits chez le canard domestique.

2° *Transverse jugulaire.* — Le transverse jugulaire chez le pic est analogue au transverse jugulaire de la corneille; chez le chrysotis amazone, « ce muscle n'est constitué que par une seule couche musculaire, qui par son aspect rappelle l'une quelconque de celles du transverse jugulaire de la poule » (Chaine).

3° *Hyo-maxillaire.* — Ce muscle diffère chez ces deux espèces en ce que, chez le chrysotis amazone, il se divise en deux faisceaux, qui restent cependant accolés l'un à autre sur tout leur parcours.

G. — Échassiers

Chez cet ordre d'oiseaux, les muscles du plancher buccal affectent une disposition semblable à celle qu'on rencontre chez Buteo vulgaris.

Toutefois, Chaine a montré que chez le Pelidna variabilis, le transverse jugulaire ne présente pas d'insertion crânienne.

MAMMIFÈRES

A. — Monotrèmes. — Edentés. — Marsupiaux

N'ayant pu nous procurer une espèce quelconque de ces trois ordres de mammifères, il ne nous a pas été possible d'étudier nous-même la disposition que présentent, chez ces êtres, les formations musculaires du plancher buccal.

Il ne nous paraît pas utile de reproduire à cette place les descriptions qui ont été faites par les auteurs; nous rappellerons, à propos de l'exposé et de la discussion de notre théorie, les détails principaux de l'anatomie des muscles du plancher buccal chez ces trois ordres de vertébrés, en nous basant sur les nombreux travaux qui ont été publiés.

B. — Cétacés

Delphinus delphis.

Sterno-maxillaire. — Ce muscle s'attache en avant, sur le bord inférieur du maxillaire inférieur dans presque toute son étendue. De là, les fibres se portent obliquement en arrière et en dedans, entrent en contact, au niveau et en arrière de l'hyoïde, avec la face ventrale du sterno-hyoïdien, et se confondent enfin avec ce muscle.

Au niveau de l'hyoïde, le sterno-maxillaire présente une dépression très marquée qui pourrait faire croire, au premier abord, à une division du sterno-maxillaire en deux parties, l'une pré-hyoïdienne, l'autre rétro-hyoïdienne. Enfin toutes les fibres musculaires, en se portant d'avant en arrière, ne passent pas sans s'arrêter sur l'appareil hyoïdien; certains faisceaux, les plus profonds, s'attachent sur le bord antérieur des grandes cornes de l'hyoïde.

Le mauvais état de conservation du sujet ne nous a pas permis de préciser les insertions et les rapports des autres muscles du plancher buccal.

C. — Insectivores

Talpa europæa.

1° Digastrique. — Le digastrique se fixe en arrière sur l'apophyse mastoïde et sur la portion du crâne avoisinant cette apophyse. Il se termine en avant par un long et mince tendon sur le bord inférieur et la face externe du maxillaire inférieur, à l'union du tiers moyen avec le tiers antérieur de la mandibule. Ce muscle est très large et charnu dans sa partie postérieure. Il diminue progressivement de volume en se rapprochant de sa terminaison antérieure. Il ne présente ni tendon intermédiaire, ni intersection aponévrotique.

Les faces externe et inférieure du digastrique sont croisées obliquement, un peu en arrière de l'angle postérieur du maxillaire, par le muscle stylo-hyoïdien. Le stylo-hyoïdien, au voisinage de ses insertions hyoïdiennes, est nettement distinct du digastrique.

En dehors et en arrière, il se confond plus ou moins intimement avec les faisceaux musculaires du digastrique. Sur un des sujets que nous avons examinés, cette fusion était complète.

2° *Mylo-hyoïdien.* — Ce muscle est composé de deux lames musculaires superposées, l'une superficielle ou ventrale, l'autre profonde ou dorsale. Ces deux lames s'étendent en dehors sur la face interne du maxillaire. La lame superficielle est formée de fibres légèrement obliques en arrière et en dedans.

Ce feuillet musculaire n'occupe que la région moyenne du plancher buccal. Il se continue en avant jusqu'à l'angle antérieur du maxillaire, et, en arrière; jusqu'à l'hyoïde, par une aponévrose très résistante. Cette aponévrose adhère intimement, sur les côtés, à la portion correspondante du digastrique.

La lame musculaire profonde est située sur la face dorsale du feuillet précédent. Elle est constituée par des fibres transversales en avant, obliques en arrière; celles-ci s'attachent sur l'os hyoïde. En avant, cette couche musculaire se continue par une aponévrose, jusqu'à l'angle antérieur du maxillaire inférieur.

3° *Génio-hyoïdien.* — Les deux génio-hyoïdiens sont réunis sur presque toute leur longueur. Ils s'attachent en arrière sur le bord antérieur du corps de l'hyoïde; en avant, ils se fixent sur la mâchoire au niveau de l'angle antérieur.

Erinaceus europæus.

Chez cet être, le muscle digastrique est divisé en deux ventres par une intersection aponévrotique.

D. — Chéiroptères

Vesperus serotinus.

1° *Digastrique.* — Ce muscle s'insère en arrière, sur l'apophyse mastoïde. Il se dirige obliquement en bas, en avant et en dedans, et se termine sur le tiers postérieur de la face interne et du bord inférieur de la mandibule.

Chaine, chez Pteropus Edwardsii, et Maisonneuve, chez Vespertilio, décrivent ce muscle comme ne présentant qu'un seul ventre.

Chez les trois Vesperus serotinus que nous avons disséqués, nous avons rencontré constamment une intersection tendineuse dirigée obliquement en bas et en avant, divisant le digastrique en deux ventres.

2° Mylo-hyoïdien. — Le mylo-hyoïdien d'un côté constitue avec celui du côté opposé une sangle musculaire transversale pré-hyoïdienne. En dehors, il s'attache sur le tiers postérieur de la face interne de la mâchoire; en dedans, les fibres musculaires se fixent sur le corps de l'hyoïde et sur un raphé médian pré-hyoïdien. Dans la région antérieure du plancher buccal, le muscle est continué jusqu'à l'angle antérieur de la mâchoire par une formation musculo-aponévrotique. Sur le mylo-hyoïdien proprement dit, repose une aponévrose où viennent se perdre des fibres musculaires provenant du sterno-hyoïdien. Cette disposition se rapproche de celle que Chaine a décrite chez Pteropus Edwardsii.

3° Génio-hyoïdien. — Les deux muscles génio-hyoïdiens sont fusionnés sur la ligne médiane; toutefois un sillon médian, surtout marqué au voisinage de l'angle antérieur de la mâchoire, tend à séparer ces deux muscles l'un de l'autre. Chez cette espèce, les génio-hyoïdiens sont indépendants des génio-glosses.

E. — Rongeurs

Lepus cuniculus.

1° Digastrique. — Ce muscle est formé de deux parties : l'une postérieure, tendineuse; l'autre antérieure, musculaire. La limite entre ces deux parties du digastrique correspond à peu près au bord postérieur du mylo-hyoïdien.

Il s'insère en arrière, par un long et mince cordon tendineux, sur l'apophyse mastoïde, immédiatement en arrière des insertions postérieures du stylo-hyoïdien. Il se porte de là, en avant, en dedans et un peu en bas. Arrivé au niveau de l'os hyoïde, le cordon tendineux se continue par un faisceau musculaire qui se termine sur le bord inférieur et la face interne du maxillaire inférieur. Cette insertion se fait sur une longueur d'environ deux centimètres, immédiatement en arrière de l'angle antérieur de la mâchoire.

Dans son trajet, il croise obliquement la face interne du muscle stylo-hyoïdien.

Sur un des lapins que nous avons disséqués, nous avons trouvé des connexions très intéressantes entre le digastrique droit et le stylo-hyoïdien correspondant. Sur cette préparation on voyait se détacher de l'extrémité postérieure du stylo-hyoïdien, un faisceau tendineux qui se dirigeait vers le tendon du muscle digastrique et se confondait avec lui (fig. 20).

2° *Mylo-hyoïdien.* — Ce muscle s'étend transversalement sur la région antérieure du plancher buccal. En avant, le muscle n'atteint pas l'angle antérieur de la mâchoire. Il en est séparé par un petit espace triangulaire où le muscle se continue par une aponévrose.

Il s'insère en dehors sur la face interne de la mandibule, au voisinage du rebord alvéolaire; en dedans, il se termine sur un raphé médian et sur le corps de l'hyoïde.

3° *Génio-hyoïdien.* — Les deux muscles génio-hyoïdiens, intimement unis l'un à l'autre dans les deux tiers postérieurs de leur étendue, s'attachent, en arrière, sur le bord antérieur du corps de l'hyoïde. Ils se séparent l'un de l'autre en avant, et chacun d'eux se termine, de chaque côté de la symphyse, par des languettes tendineuses confondues avec les faisceaux tendineux d'origine du génio-glosse.

Mus musculus.

1° *Digastrique.* — Le digastrique est constitué par deux ventres réunis par un tendon intermédiaire. Il s'étend de l'apophyse mastoïde au bord inférieur et à la face interne de la mandibule. Le ventre postérieur est uni, au voisinage de ses insertions crâniennes, avec le stylo-hyoïdien. Le tendon intermédiaire se trouve situé au niveau de l'angle postérieur de la mâchoire. Il forme avec celui du côté opposé une arcade tendineuse à concavité dirigée en arrière. Du tendon intermédiaire et du bord antérieur de cette arcade naissent les fibres musculaires des deux ventres antérieurs qui sont intimement accolés sur tout leur parcours.

2° *Transverse.* — Ce muscle est situé dans l'angle antérieur du plancher buccal, au-dessus de la portion correspondante des ventres antérieurs des digastriques. Il est formé de fibres transversales

qui s'attachent, de chaque côté, sur la face interne du maxillaire inférieur.

Les muscles mylo-hyoïdien et génio-hyoïdien ne présentent aucune particularité intéressante à signaler.

F. — Artiodactyles

Rupicapra rupicapra.

Digastrique. — Il est formé de deux corps charnus principaux, ou ventres, plus ou moins coupés d'intersections, et réunis par un tendon intermédiaire.

Le ventre postérieur se fixe par des fibres musculaires et des fibres tendineuses sur le sommet de l'apophyse mastoïde. Il se dirige obliquement en avant et en dedans, croise la face interne du stylo-hyoïdien au voisinage de son insertion styloïdienne, et se continue ensuite par un long tendon intermédiaire. Ce tendon a la forme d'un ruban aplati de dehors en dedans. Le bord interne et les deux faces de ce tendon donnent naissance à des fibres musculaires qui constituent le ventre antérieur du digastrique. Celui-ci se termine sur le bord inférieur et la face interne du maxillaire inférieur. Cette zone d'insertion ne dépasse pas, en arrière, le bord antérieur du masséter; en avant, elle s'arrête à l'union des deux tiers postérieurs avec le tiers antérieur de la mâchoire.

Le bord supérieur du tendon intermédiaire se prolonge en avant, en suivant la portion la plus élevée ou la plus profonde du ventre antérieur. De ce bord se détachent des fibres musculaires qui se dirigent transversalement en dedans, et s'entrecroisent sur la ligne médiane avec celles venues du digastrique du côté opposé. Il se forme ainsi une lame musculaire placée sur la face ventrale du mylo-hyoïdien, et réunissant les deux digastriques.

Avec le plus grand nombre des auteurs, et contrairement à l'opinion de Chaine, nous admettons que cette lame musculaire que l'on rencontre chez la plupart des Artiodactyles, doit être considérée, en raison de sa situation et de ses rapports, comme une dépendance du digastrique.

Les autres muscles du plancher buccal ne présentent aucune particularité à signaler.

G. — Périssodactyles

Equus caballus.

1° Digastrique. — Ce muscle est composé de deux parties charnues : l'une postérieure, l'autre antérieure. La partie charnue postérieure s'attache en arrière sur l'apophyse mastoïde. Elle se dirige en bas et en avant, et se divise en deux faisceaux, l'un inférieur, l'autre supérieur. Le faisceau inférieur, le plus important, se termine sur l'angle postérieur du maxillaire inférieur. Le faisceau supérieur se porte en dedans de la mâchoire inférieure et croise le muscle ptérygoïdien interne; il se continue avec la portion charnue antérieure, par l'intermédiaire d'un tendon médian qui s'engage dans un anneau formé par le stylo-hyoïdien. La portion charnue antérieure continue directement en avant le tendon médian, et se fixe, par des languettes aponévrotiques, sur le bord inférieur et la face interne du maxillaire inférieur.

2° Mylo-hyoïdien. — Ce muscle s'insère en dehors sur la ligne mylo-hyoïdienne; les fibres musculaires qui le constituent se dirigent pour la plupart transversalement en dedans; seules, les fibres postérieures ont une direction oblique en dedans et en arrière. Son insertion interne se fait sur le corps de l'hyoïde, sur son appendice antérieur, et sur le raphé fibreux qui, en avant des insertions hyoïdiennes, sépare sur la ligne médiane les deux muscles mylo-hyoïdiens.

3° Génio-hyoïdien. — Le génio-hyoïdien s'étend de l'extrémité de l'appendice antérieur de l'hyoïde, jusqu'à l'angle antérieur de la mâchoire. Le génio-hyoïdien d'un côté, est, en arrière, en rapport intime avec celui du côté opposé. Les deux génio-hyoïdiens, en se portant en avant, se séparent progressivement l'un de l'autre.

Ce muscle, est, dans toute son étendue, en rapport, par sa face ventrale, avec le mylo-hyoïdien qui le sépare du digastrique.

H. — Carnivores

Canis familiaris.

1° Digastrique. — Le muscle digastrique s'attache, en arrière, à la fois par des fibres tendineuses et des fibres charnues, sur l'apo-

physe jugulaire de l'occipital. Il se dirige en avant et un peu en bas. Sa terminaison antérieure se fait sur le bord inférieur, la face interne et la face externe de la partie moyenne du maxillaire inférieur.

D'après Ellenberger et Baum, le digastrique du chien ne se compose pas de deux ventres, comme chez l'homme. Chaine décrit une aponévrose transversale incomplète et perpendiculaire à la direction des fibres. Chez les sujets que nous avons étudiés, nous avons toujours trouvé une intersection tendineuse, dirigée obliquement en bas et en avant, divisant le muscle en deux ventres.

2° *Mylo-hyoïdien.* — Les fibres de ce muscle, dirigées en dedans et un peu en avant, se fixent en dehors sur la crête mylo-hyoïdienne. Elles se terminent, en dedans, sur un raphé médian et sur le corps de l'hyoïde.

3° *Génio-hyoïdien.* — Les deux génio-hyoïdiens sont soudés l'un avec l'autre dans presque toute leur étendue. La séparation des deux muscles n'est indiquée que par un sillon longitudinal médian, surtout marqué dans la portion moyenne du muscle. Ces deux muscles s'attachent, en avant, sur l'angle antérieur de la mâchoire, en arrière, sur le bord antérieur du corps de l'hyoïde.

Felis domesticus.

1° *Digastrique.* — Ce muscle s'étend de l'apophyse mastoïde à la mâchoire inférieure. Il est incomplètement divisé en deux ventres par un tendon intermédiaire qui est placé sur la face inférieure et la face interne du muscle, dans la région ou le muscle stylo-hyoïdien le croise.

2° *Mylo-hyoïdien.* — Ce muscle, à fibres transversales, diffère surtout du mylo-hyoïdien du chien, en ce qu'il ne présente en arrière aucune connexion avec l'os hyoïde.

3° *Génio-hyoïdien.* — Ce muscle est à peu près semblable à celui du chien.

I. — Primates

Macacus?

1° *Digastrique.* — Ce muscle est formé par deux ventres musculaires, réunis par un tendon intermédiaire. Le ventre postérieur

s'insère sur l'apophyse mastoïde et se dirige obliquement en avant, en dedans et un peu en bas. Au voisinage de l'angle postérieur de la mâchoire, il est constitué par le tendon intermédiaire qui passe dans une boutonnière que présente la portion charnue du stylo-hyoïdien. Au niveau de l'appareil hyoïdien, le tendon intermédiaire se dirige très obliquement en avant et en dedans, et se fusionne, sur la ligne médiane, avec le tendon intermédiaire du côté opposé. Il se forme ainsi une arcade tendineuse située en avant de l'hyoïde, et directement en rapport avec la face ventrale du mylo-hyoïdien.

Du bord antérieur de l'arcade se détachent les ventres antérieurs des deux digastriques. Ceux-ci se portent directement en avant e se terminent sur le bord inférieur et la face interne du maxillaire inférieur, dans les deux tiers antérieurs de leur étendue. Dans leur ensemble, les deux ventres antérieurs des digastriques forment une nappe musculaire continue, à fibres longitudinales, qui recouvre toute la partie antérieure du plancher buccal.

2° Mylo-hyoïdien. — Ce muscle s'attache sur la face interne du maxillaire. Ses fibres musculaires se dirigent en dedans et un peu en arrière. Elles se terminent sur la face ventrale de l'os hyoïde et sur un raphé médian pré-hyoïdien. Les fibres musculaires ne s'étendent pas en avant jusqu'à l'angle antérieur de la mâchoire; elles s'arrêtent à quelques millimètres en arrière. Dans cette portion antérieure du plancher buccal, le mylo-hyoïdien se continue par une aponévrose assez résistante.

3° Génio-hyoïdiens. — Ces deux muscles s'attachent, en avant, sur la face interne de la mâchoire inférieure, de chaque côté de la ligne médiane, immédiatement au-dessus des insertions des muscles génio-glosses. Les deux génio-hyoïdiens se fusionnent, immédiatement en arrière de leurs insertions maxillaires, en une masse unique et médiane, qui se porte directement en arrière et se termine sur le bord antérieur et la face ventrale du corps de l'os hyoïde.

Homme

Digastrique. — Poirier décrit ainsi le muscle digastrique :

« Formé par deux ventres charnus réunis par un tendon intermédiaire, le digastrique, situé sur la partie supérieure et latérale du

cou, va de l'apophyse mastoïde à la symphyse mentonnière, en se réfléchissant au niveau du bord supérieur de l'os hyoïde.

« Il naît de la rainure digastrique, en partie par implantation directe des fibres charnues, en partie par des fibres tendineuses beaucoup plus nombreuses en dedans qu'en dehors. Ces fibres constituent un corps musculaire aplati de dehors en dedans, qui descend obliquement en bas, en avant et en dedans, formant le ventre postérieur du muscle. Elles se jettent sur la face interne d'un demi-cône tendineux qui se condense bientôt en un tendon cylindrique. Celui-ci continue d'abord la direction du corps charnu, puis se réfléchit au niveau de l'os hyoïde en décrivant une courbe à concavité supérieure. Ce tendon, après sa réflexion, s'aplatit et donne naissance par ses deux faces à des fibres charnues qui, par leur réunion, constituent un nouveau corps musculaire, aplati d'avant en arrière. Ce ventre antérieur du digastrique monte en avant et en dedans, et se termine sur une facette ovalaire située sur la face interne du maxillaire. Nos auteurs décrivent le digastrique comme ne prenant aucune insertion sur l'os hyoïde. Henle, Luschka, etc., ont bien montré que, ordinairement, les faisceaux supérieurs du tendon intermédiaire se continuent avec les fibres du ventre antérieur, tandis que les faisceaux inférieurs vont en partie à l'os hyoïde, en partie à l'aponévrose qui réunit les ventres antérieurs des deux digastriques. »

Les travaux de Morestin [1], de A. Bovero [2], etc., ont démontré que cette disposition du digastrique était la plus constante. — Nos recherches, chez l'homme, ont porté sur soixante sujets environ. Nous avons trouvé que la disposition la plus constante était celle admise par Poirier; nous l'avons rencontrée dans une proportion de 1/8 des sujets examinés. Les autres sujets présentaient des variations portant, soit sur les relations entre le ventre postérieur du digastrique et le stylo-hyoïdien; soit sur les connexions du tendon intermédiaire avec l'os hyoïde et le tendon intermédiaire du côté opposé; soit, le plus souvent, sur la disposition du ventre antérieur du digastrique.

1. Morestin, *Bulletin de la Société anatomique de Paris*, oct. 1894.
2. A. Bovero, Intorno ai muscoli digastrici dell'osso joide; Estratto del *Monitore Zoologico Italiano*, 1895.

II

MORPHOLOGIE COMPARÉE. — ORIGINE PHYLOGÉNIQUE DES MUSCLES DIGASTRIQUE ET GÉNIO-HYOIDIEN[1].

Parmi les muscles du plancher buccal, le digastrique a plus particulièrement attiré l'attention des anatomistes, en raison de sa conformation très différente dans les divers ordres de mammifères, et des nombreuses anomalies qu'il présente chez l'homme. On a, depuis longtemps cherché, par l'étude de son développement phylogénique, à expliquer la grande variabilité de sa disposition anatomique.

Gegenbaur[2] a émis sur l'origine phylogénique de ce muscle une hypothèse, qui est encore adoptée aujourd'hui par le plus grand nombre des auteurs classiques. D'après lui, le digastrique est en général formé par deux muscles appartenant à des territoires nerveux différents. L'un de ces muscles, qui forme le ventre antérieur, paraît être une formation musculaire qui s'est séparée du mylo-hyoïdien et a pris une nouvelle direction. Le ventre postérieur n'est autre chose que le muscle dépresseur de la mâchoire inférieure. Ce dernier muscle perd ses insertions sur la mandibule et se réunit au ventre antérieur. Il en résulte la formation d'un tendon intermédiaire de dimensions variables, qui s'attache ordinairement à l'os hyoïde. Gegenbaur cite comme forme de passage, dans cette transformation du dépresseur de la mâchoire inférieure en digastrique, la disposition que présente ce dernier muscle chez le cheval.

La théorie de Gegenbaur a soulevé de nombreuses objections. Nous pensons avec Chaine que « cette évolution présente une bien grande complexité que l'on ne rencontre guère en anatomie. Ni l'anatomie comparée, ni les anomalies musculaires du digastrique, chez l'Homme ou les Mammifères, ne viennent attester une telle

1. En ce qui concerne le mylo-hyoïdien, nos recherches nous ont conduit à adopter, dans leurs grandes lignes, les conclusions généralement admises par les auteurs.
2. Gegenbaur, *Vergleichende Anatomie der Wirbelthiere*, erster Band, p. 632, 1893.

manière de voir[1] ». On ne trouve pas de forme de transition bien nette dans la série des Vertébrés, d'une part, entre le mylo-hyoïdien et le ventre antérieur du digastrique; d'autre part, entre le dépresseur de la mâchoire inférieure et le ventre postérieur du digastrique. La disposition que présente le muscle digastrique chez le cheval et quelques rares anomalies ne constituent pas, comme certains auteurs se sont appliqués à le faire observer, un argument indiscutable. On peut, nous semble-t-il, donner à ces faits une explication plus rationnelle, basée sur l'anatomie comparée. Enfin, nous ajouterons que Chaine, à la suite de recherches faites sur le dépresseur de la mâchoire inférieure, a été amené à conclure que, « chez des Mammifères, on retrouve le dépresseur de la mandibule des Vertébrés inférieurs sous l'aspect d'une nouvelle formation musculaire, en voie de régression; ce processus s'accentuant, le muscle ne serait plus représenté, chez d'autres espèces, que par une formation fibreuse. Souvent même, le dépresseur disparaît complètement, sans laisser aucune trace de son existence primitive[2] ».

Une autre hypothèse a été soutenue par Chaine[3]. D'après cet auteur, le muscle digastrique tirerait son origine, par clivage longitudinal, d'une masse musculaire primitive qui donnerait, entre autres muscles, en dedans le génio-hyoïdien, et en dehors le digastrique. L'étude de la région sus-hyoïdienne dans tout l'embranchement des Vertébrés, principalement chez les Reptiles, permettrait d'observer tous les stades de ce clivage. En même temps, les caractères anatomiques du faisceau externe, ainsi formé, se modifieraient progressivement de façon à aboutir à la constitution du digastrique, tel qu'il existe chez les Mammifères. D'après Chaine, ces transformations portent principalement sur les insertions postérieures. Celles-ci se font primitivement sur le sternum, puis sur la colonne vertébrale; elles arrivent enfin, peu à peu, à ne se faire qu'au niveau de la région mastoïdienne. Le tendon intermédiaire se for-

1. Chaine, Nouvelles recherches sur le développement phylogénique, *Comptes-rendus de l'association des anatomistes*, 6e session, Toulouse, 1904.

2. Chaine, Le dépresseur de la machoire inférieure, *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, t. XXXIX.

3. Chaine, *Loc. cit.* — *Id.*, *Anatomie comparée de certains muscles sus-hyoïdiens*, Thèse de la Faculté des sciences, Paris, 1900. — *Id.*, Relations du digastrique, *Bibliographie anatomique*, *1903*.

merait aux dépens d'une des intersections tendineuses que présente la masse musculaire primitive.

Nous croyons pouvoir dire que cette évolution présente une complexité aussi grande que celle admise par Gegenbaur.

Nous admettons, avec Chaine, qu'il se produit, au cours du développement phylogénique, un clivage d'une masse musculaire longitudinale, que nous avons décrite, chez les vertébrés inférieurs, sous le nom de muscle sterno-maxillaire.

Mais nous dirons plus loin que : 1° d'une part, ce clivage ne nous paraît pas se produire dans le sens indiqué par Chaine; 2° d'autre part, il n'en résulte pas la formation du digastrique tout entier et du génio-hyoïdien, mais seulement du ventre antérieur du digastrique et du génio-hyoïdien.

Dans l'hypothèse admise par Chaine, les insertions postérieures du digastrique évolueraient par bonds du sternum à la colonne vértébrale, puis de celle-ci à l'os hyoïde, enfin de l'os hyoïde au crâne. Nous n'avons pas vu de formes de passage entre les différentes étapes parcourues par ce muscle, du sternum au crâne en passant par la colonne vertébrale et l'os hyoïde.

La thèse de Chaine est surtout basée sur la disposition des muscles de la région sus-hyoïdienne chez les reptiles. Nous avons montré au cours de notre description des muscles du plancher buccal chez les Reptiles, que, chez les Ophidiens, au muscle hyo-maxillaire s'ajoute latéralement toute une série de faisceaux qui s'attachent, d'une part, sur le maxillaire inférieur, courent sur les parties latérales du cou en avant et en dehors de l'appareil hyoïdien, et viennent enfin s'insérer, d'autre part, sur les apophyses épineuses des vertèbres cervicales. Autrement dit, chez les Ophidiens, on trouve un plan musculaire formé de deux faisceaux ou muscles, l'un interne *hyo-maxillaire*, l'autre externe *spino* ou *cervico-maxillaire*.

D'après Chaine, le faisceau interne, hyo-maxillaire, représente le génio-hyoïdien, et le faisceau externe, cervico-maxillaire, n'est autre que le muscle digastrique tout entier à l'un des stades de son développement phylogénique.

Selon nous, non seulement le muscle cervico-maxillaire ne représente pas à lui seul le muscle digastrique, mais il n'entre pour rien, au cours du développement phylogénique, dans la consti-

tution du digastrique. On doit considérer le muscle cervico-maxillaire comme une masse musculaire surajoutée, en rapport avec les mouvements de reptation et les mouvements de la tête. MM. Gilis et Grynfeltt, qui ont examiné nos préparations, pensent avec nous que cette interprétation est la plus rationnelle.

On retrouve le muscle cervico-maxillaire chez les Sauriens; mais chez eux, il est considérablement atrophié. Il semble disparaître progressivement au fur et à mesure que les mouvements de reptation et les mouvements de latéralité et de torsion de la tête diminuent.

Enfin Chaine pense que le tendon médian du digastrique tire son origine d'une des intersections tendineuses que présente la masse musculaire primitive dont ce muscle dérive.

Cette hypothèse n'explique pas les connexions intimes que le tendon intermédiaire du digastrique présente avec l'hyoïde chez certains mammifères.

Nous pensons pouvoir indiquer, en nous aidant des descriptions qui précèdent, les différentes étapes suivies par certaines formations musculaires du plancher buccal pour arriver à constituer les muscles digastrique et génio-hyoïdien, tels qu'ils se présentent chez certains vertébrés et chez l'homme.

Avec la plupart des auteurs, nous croyons que le digastrique est constitué par deux muscles primitivement distincts. De ces deux muscles, l'un représente le ventre antérieur, l'autre le ventre postérieur du digastrique.

En ce qui concerne le digastrique, nous nous proposons de démontrer les conclusions générales suivantes :

A. Le ventre antérieur du digastrique et le génio-hyoïdien ont la même origine phylogénique;

B. Le ventre postérieur dérive de la même formation musculaire qui donne naissance au stylo-hyoïdien;

C. Le digastrique et son tendon intermédiaire proviennent de la fusion plus ou moins complète de l'extrémité hyoïdienne de chacun des deux ventres.

A. — Origine phylogénique du ventre antérieur du digastrique et du muscle génio-hyoïdien.

Chez les Sélaciens, le plancher buccal est formé par un certain nombre de muscles divisibles en deux groupes. Le premier groupe, caractérisé par la direction transversale des fibres musculaires, comprend, chez Scyllium canicula, l'intermaxillaire et le palato-hyoïdien; le deuxième groupe est constitué par deux muscles, à direction antéro-postérieure, le sterno-maxillaire et le sterno-glosse.

Chez les Téléostéens, les formations musculaires à direction transversale, déjà rencontrées chez les Sélaciens, sont représentées par un seul muscle peu développé, le transverse. Les muscles à direction longitudinale sont au nombre de deux; le plus superficiel est l'hyo-maxillaire; sur la face dorsale de ce muscle est placé l'hyo-glosse. Ces deux muscles sont séparés, au voisinage de l'angle antérieur de la mandibule, par le transverse. Il est à remarquer que la portion moyenne de l'hyo-maxillaire d'un côté est fusionnée avec la portion correspondante du même muscle du côté opposé. On peut, par conséquent, considérer ces deux muscles comme représentant une formation musculaire unique, cheminant d'avant en arrière, en voie de division longitudinale. Cette division, comme l'a montré Chaine, est d'ailleurs complète chez certaines espèces, le Mullus surmuletus et le Callyonyme lyre.

Nous pensons que l'hyo-maxillaire, chez les Téléostéens, est l'homologue du sterno-maxillaire des Sélaciens. Il se rapproche du sterno-maxillaire par sa situation, sa configuration et ses rapports dans la région du plancher buccal. Il en diffère en ce que toute la portion hyo-coracoïdienne du sterno-maxillaire a disparu, et que, dans la portion qui persiste, la masse musculaire tend à se diviser en deux moitiés latérales.

Chez les Batraciens, le muscle hyo-maxillaire peut être considéré comme l'homologue du sterno-maxillaire des Sélaciens et de l'hyo-maxillaire des Téléostéens.

Les relations qui existent entre l'hyo-maxillaire des Batraciens et le sterno-maxillaire des Sélaciens sont mises en évidence par les rapports que présente, chez les Batraciens, le muscle sterno-hyoïdien avec l'extrémité postérieure de l'hyo-maxillaire. En effet, entre les deux chefs postérieurs de ce dernier muscle s'engage

l'extrémité antérieure du sterno-hyoïdien. Il se produit à ce niveau un engrènement des deux muscles si parfait, qu'à un examen superficiel, il paraît y avoir continuité entre l'hyo-maxillaire et le sterno-hyoïdien.

L'analogie entre l'hyo-maxillaire des Batraciens et celui des Téléostéens paraît également évidente. Ces deux muscles ont une situation, une conformation, des insertions à peu près semblables.

Nous avons rencontré jusqu'à maintenant une formation musculaire longitudinale impaire chez les Sélaciens, en voie de division longitudinale chez les Téléostéens; cette division est ensuite devenue à peu près complète chez les Batraciens; il s'est ainsi formé, de chaque côté de la ligne médiane, une formation musculaire distincte, l'hyo-maxillaire.

Ce muscle va subir, chez les Reptiles, des transformations progressives, telles, qu'il se divisera peu à peu en deux muscles qui, chez certaines espèces, seront très nettement séparés l'un de l'autre. L'un de ces muscles représentera le ventre antérieur du digastrique, l'autre le génio-hyoïdien.

Chez certains Sauriens, Lacerta ocellata par exemple, le muscle intermaxillaire entrecroise ses faisceaux avec ceux de l'hyo-maxillaire. Nous avons en effet montré que, chez Lacerta ocellata, la plus grande partie des fibres de l'hyo-maxillaire passaient sur la face dorsale de l'intermaxillaire, tandis que quelques rares faisceaux s'engageaient dans des boutonnières formées par l'intermaxillaire, et se plaçaient ainsi sur la face ventrale de ce dernier muscle. De plus il existe, chez les Lézards que nous avons étudiés, un faisceau musculaire, situé en entier sur la face dorsale de l'hyo-maxillaire et entièrement indépendant de ce dernier muscle.

Chez Lacerta ocellata, le clivage de l'hyo-maxillaire en un faisceau superficiel et un faisceau profond est à l'état d'ébauche.

Chez Chameleon vulgaris, les muscles intermaxillaires traversent en nappe continue le muscle hyo-maxillaire. Celui-ci est ainsi divisé en deux muscles : l'hyo-maxillaire superficiel et l'hyo-maxillaire profond. Cependant, ces deux muscles ont encore, à leur extrémité postérieure, des connexions intimes qui témoignent d'une même origine.

Chez les Chéloniens, et certains Ophidiens, le clivage longitudinal de l'hyo-maxillaire est achevé. Les hyo-maxillaires, super-

ticiel et profond, sont très distinctement séparés l'un de l'autre par l'intermaxillaire, qui est l'homologue du mylo-hyoïdien des vertébrés supérieurs. L'hyo-maxillaire superficiel représente, d'après ses insertions et ses rapports, le ventre antérieur du digastrique; l'hyo-maxillaire profond est entièrement indépendant du précédent et a les caractères du génio-hyoïdien.

En ce qui concerne les Crocodiliens, nous avons précédemment résumé la minutieuse description faite par Chaine des muscles du plancher buccal de Crocodilus vulgaris et Gavialis gangeticus. Chez ces deux espèces, la disposition de ces muscles est des plus intéressantes à étudier.

Chez Crocodilus vulgaris, d'une part, il existe, sur la face ventrale de l'intermaxillaire, un muscle hyo-maxillaire qui représente le ventre antérieur du digastrique; d'autre part, sur la face dorsale du mylo-hyoïdien, passe le muscle sterno-maxillaire en grande partie formé par des faisceaux qui vont directement du maxillaire inférieur à la ceinture scapulaire et, aussi, par quelques fibres qui partent de la mâchoire, et se terminent sur l'appareil hyoïdien. Nous pensons que'on peut homologuer au génio-hyoïdien toute la portion du sterno-maxillaire comprise entre la mâchoire et l'os hyoïde.

Chez Gavialis gangeticus la disposition est inverse : le ventre antérieur du digastrique se prolonge jusqu'à la ceinture scapulaire, tandis que le génio-hyoïdien s'arrête sur la corne antérieure de l'appareil hyoïdien.

Ces faits démontrent, nous semble-t-il, l'origine commune du ventre antérieur du digastrique et du génio-hyoïdien. Ils proviennent tous deux, par clivage, de la portion du sterno-maxillaire comprise entre la mâchoire inférieure et l'arc hyoïdien. Mais chez les Crocodiliens, l'un ou l'autre de ces deux muscles ainsi séparés a conservé ses connexions primitives avec la portion sterno-hyoïdienne de la formation musculaire dont il dérive. C'est ainsi que l'on voit, soit le ventre antérieur du digastrique, chez Gavialis gangeticus, soit le génio-hyoïdien, chez Crocodilus vulgaris, se continuer en arrière avec la portion rétro-hyoïdienne, persistante, du sterno-maxillaire.

Chez les Oiseaux, les formations musculaires longitudinales, hyo-maxillaires se présentent sous trois aspects différents :

1° Dans un premier cas, l'hyo-maxillaire est divisé en deux fais-

ceaux nettement distincts, que nous avons appelés hyo-maxillaire superficiel et hyo-maxillaire profond. Ces deux muscles sont séparés, en avant, par l'intermaxillaire. C'est cette disposition que l'on rencontre chez les Gallinacés.

Chez certains Palmipèdes, le canard domestique en particulier, le clivage de l'hyo-maxillaire est à peine indiqué; en effet, ce muscle se termine en avant par des insertions, qui, les unes, sont superficielles, les autres profondes, par rapport aux deux muscles intermaxillaires, superficiel et profond.

2° Dans un deuxième cas, l'hyo-maxillaire est divisé, en avant, en deux faisceaux secondaires. Cette division n'est en général qu'ébauchée chez les Passereaux; elle devient complète chez les Colombins et chez certains Grimpeurs (Chrysotis amazone). Chez ces différents ordres et espèces, les deux bandes musculaires qui résultent du clivage de la portion antérieure de l'hyo-maxillaire, restent accolées l'une à l'autre dans toute leur étendue. De plus les deux faisceaux de division restent en rapport avec la face ventrale de l'intermaxillaire, ou, tout au moins, sont disposés sur un plan superficiel par rapport à ce dernier muscle.

3° Enfin, dans un troisième cas, il n'existe de chaque côté de la ligne médiane qu'un seul muscle hyo-maxillaire qui passe sur la face ventrale de l'intermaxillaire superficiel, c'est la disposition la plus fréquente, celle que l'on rencontre chez les Rapaces, les Échassiers et certains Grimpeurs (pic épeiche).

En résumé, chez certains Oiseaux, l'hyo-maxillaire est clivé en deux masses musculaires qui passent l'une sur la face ventrale, l'autre sur la face dorsale du muscle intermaxillaire. Il est alors facile de reconnaître un ventre antérieur du digastrique et un génio-hyoïdien.

Chez les autres Oiseaux, les formations musculaires hyo-maxillaires sont représentées, de chaque côté de la ligne médiane, par un muscle divisé ou non en deux faisceaux, dont les attaches antérieures s'échelonnent sur la face interne de la mâchoire inférieure. Dans ce cas, ces formations qui sont, d'une part, protractrices de l'hyoïde, et qui, d'autre part, peuvent, lorsque l'hyoïde est maintenu par ses muscles rétracteurs, contribuer à abaisser la mâchoire inférieure, remplacent et représentent, semble-t-il, à la fois le génio-hyoïdien et le ventre antérieur du digastrique.

Chez quelques Mammifères, le ventre antérieur du digastrique est représenté, comme nous le démontrerons plus loin, par la portion pré-hyoïdienne d'un muscle sterno-maxillaire qui paraît être l'homologue du sterno-maxillaire des Sélaciens.

Chez la plupart des Mammifères, il est plus ou moins fusionné avec l'extrémité hyoïdienne d'une autre formation musculaire qui représente le ventre postérieur du digastrique, soit par un tendon intermédiaire, soit par une intersection tendineuse. Il se forme ainsi le digastrique proprement dit. Il convient, nous semble-t-il, avant de décrire chez les Mammifères les différents modes suivant lesquels les deux ventres du digastrique se réunissent et les différents stades de l'évolution de ce muscle, de rechercher dans l'embranchement des Vertébrés l'origine phylogénique du ventre postérieur du digastrique.

B. — Origine phylogénique du ventre postérieur du digastrique.

Nous pensons que le ventre postérieur du digastrique dérive, avec le muscle stylo-hyoïdien, des formations musculaires que nous avons décrites dans la série des Vertébrés sous le nom de transverse jugulaire.

Nous n'avons décrit le transverse jugulaire que chez les Reptiles — sauf quelques exceptions — et les Oiseaux.

On rencontre cependant chez certains Poissons et chez les Batraciens des formations musculaires qui, par leur situation et leurs insertions, paraissent représenter le transverse jugulaire des Reptiles et des Oiseaux. Nous voulons parler du palato-hyoïdien des Sélaciens et du transverso-hyoïdien des Batraciens.

Chez les Reptiles et les Oiseaux, le transverse jugulaire s'attache toujours, en dehors, sur la mâchoire inférieure; de plus, nous ferons remarquer avec Chaine que, chez certaines espèces, les insertions externes de ce muscle se font également sur le crâne. « Un caractère général très important du transverse jugulaire, examiné dans tout l'embranchement des Vertébrés est que la surface d'insertion de ce muscle diminue de plus en plus d'étendue à mesure que l'on considère un vertébré plus supérieur.... D'autre part, chez les vertébrés supérieurs, ce muscle a une tendance à s'insérer sur le

crâne L'insertion crânienne commence à apparaître, mais d'une façon inconstante, chez les Oiseaux; elle ne devient générale et en même temps unique que chez les Mammifères [1] ».

Chez les Reptiles et les Oiseaux, le trajet de ce muscle est transversal ou oblique. Les fibres se terminent en dedans sur un raphé médian et en différents points de l'hyoïde.

Chez les Mammifères, en même temps que le transverse jugulaire a modifié ses insertions postérieures ou externes de manière à ne s'attacher que sur le crâne, il s'est divisé en deux muscles qui sont le stylo-hyoïdien et le ventre postérieur du digastrique.

Les faits suivants paraissent démontrer l'origine commune du ventre postérieur du digastrique et du stylo-hyoïdien.

a) On observe très fréquemment, chez les Mammifères, la fusion des insertions crâniennes de ces deux muscles. Nous avons rencontré cette disposition chez Talpa europæa, Mus musculus, etc.

b) Le ventre postérieur du digastrique et le stylo-hyoïdien présentent entre eux assez souvent des connexions très intimes, par l'intermédiaire de faisceaux musculaires ou tendineux qui vont du stylo-hyoïdien au ventre postérieur du digastrique. En ce qui concerne les cas d'union plus ou moins étendue du digastrique avec le stylo-hyoïdien, chez l'homme, Testut s'exprime ainsi : « Le ventre postérieur du digastrique peut être renforcé par un faisceau charnu se détachant soit du stylo-hyoïdien, soit de l'apophyse styloïde, à côté de ce dernier muscle. Dans un cas de ce genre, observé par Wood, le stylo-hyoïdien lui-même venait se fixer sur le tendon intermédiaire du digastrique. Je crois devoir considérer comme une fusion complète des deux muscles, le cas rapporté par M. Whinnie, dans lequel, le muscle stylo-hyoïdien étant absent, le ventre postérieur du digastrique se trouvait considérablement grossi, relativement au ventre antérieur. » Ledouble a rencontré un cas analogue à celui de Mac Whinnie.

Testut explique ces anomalies par l'anatomie comparée; il ajoute : « Chez le Paresseux, Duvernoy considère le stylo-hyoïdien comme confondu avec le digastrique. Dans le Cochon, d'après Cuvier, l'analogue du stylo-hyoïdien a une portion qui se réunit au digas-

1. Chaine, *Anatomie comparée de certains muscles sus-hyoïdiens*, Thèse de la Faculté des Sciences, Paris, 1900, p. 172.

trique derrière l'angle du maxillaire inférieur. Chez le Paca, le même anatomiste estime que le stylo-hyoïdien n'est qu'une portion du digastrique. Watson, qui a étudié avec soin la myologie de l'Éléphant, déclare que, contrairement à l'assertion de Mayer, il n'a pu arriver à isoler le stylo-hyoïdien de la masse musculaire qui constitue le digastrique[1]. » Nous rappellerons à ce sujet que sur un des lapins que nous avons disséqués, nous avons vu un faisceau tendineux se détacher du stylo-hyoïdien au voisinage de ses insertions crâniennes, et se confondre ensuite avec le digastrique.

c) Le ventre postérieur du digastrique et le stylo-hyoïdien appartiennent à un même territoire nerveux. Quelquefois même les filets destinés à chacun de ces muscles naissent d'une même branche du facial.

d) Enfin l'étude que nous avons faite du développement ontogénique du ventre postérieur du digastrique chez l'homme met en évidence la communauté d'origine du ventre postérieur du digastrique et du stylo-hyoïdien[2].

Les figures 26, 27, 28 et 29 de la Planche XI représentent quatre coupes transversales d'un embryon humain de 32 mm.

La coupe, fig. 26, intéresse le mylo-hyoïdien, au voisinage de ses insertions médianes, et le ventre antérieur du digastrique. On ne voit pas, sur cette coupe, le mode de terminaison postérieure de ce dernier muscle.

La coupe, fig. 27, montre le ventre antérieur du digastrique dans toute sa longueur. Le ventre antérieur se termine en arrière par des fibres tendineuses. Celles-ci, pour la plupart, constituent un tendon (tendon intermédiaire) qui aboutit à une formation musculaire intéressée obliquement au niveau de son extrémité inférieure. Quelques fibres tendineuses vont du ventre antérieur du digastrique à l'appareil hyoïdien ou au tissu mésenchymateux qui l'entoure.

En comparant la coupe, fig. 27, avec la coupe, fig. 28, on

1. Testut, *Les anomalies musculaires chez l'homme expliquées par l'Anatomie comparée*, p. 276 et 277, Paris, 1884.

2. Nos recherches sur le développement ontogénique du digastrique ont été faites dans le laboratoire de notre maître, M. le Professeur Tourneux, qui a bien voulu mettre à notre disposition les riches collections de son laboratoire. Nous sommes heureux de lui adresser, avec l'expression de notre respectueuse reconnaissance, nos plus vifs remerciments.

voit que la formation musculaire *stdi*, en relation avec le ventre antérieur du digastrique par le tendon intermédiaire, se dirige en haut, en arrière et en dehors, et qu'elle présente d'importantes connexions avec l'appareil hyoïdien par l'intermédiaire de nombreuses fibres tendineuses.

Enfin la coupe, fig. 29, met en évidence que la formation musculaire *stdi* est restée indivise, et que, grâce à sa direction oblique, elle tend à se placer en dedans du muscle sterno-cléido-mastoïdien; de plus, il n'existe, à son voisinage, aucune autre formation musculaire qui pourrait représenter soit le stylo-hyoïdien, soit le ventre postérieur du digastrique.

Cette étude embryologique démontre que, chez l'homme, à un certain stade du développement (embryon humain de 32 mm), il n'existe qu'une masse musculaire indivise dans la région occupée chez l'adulte par le stylo-hyoïdien et le ventre postérieur du digastrique. Or cette masse musculaire, par sa situation et par ses connexions avec le ventre antérieur du digastrique et avec l'appareil hyoïdien, affecte à la fois la disposition du ventre postérieur du digastrique et du stylo-hyoïdien. De plus, à un stade ultérieur, (embryon humain de 37 mm), on voit cette masse musculaire donner par clivage longitudinal ces deux derniers muscles.

L'embryologie affirme donc notre manière de voir.

C. — Le digastrique chez les mammifères.

Le digastrique des Mammifères se présente sous des formes très différentes suivant les ordres ou espèces que l'on étudie. Chez la plupart d'entre eux, il existe un muscle digastrique dont les deux ventres sont réunis soit par un tendon intermédiaire, soit par une intersection tendineuse plus ou moins complète, parfois à peine visible. Chez d'autres, il n'y a ni tendon intermédiaire, ni intersection tendineuse; le muscle est simple, c'est-à-dire monogastrique. Chez d'autres, enfin, les Marsupiaux, les Edentés, les Cétacés, le digastrique ou la formation musculaire qui en est l'homologue se présente sous des aspects particulièrement intéressants, en ce qu'ils permettent d'établir une transition entre la disposition générale des formations musculaires qui représentent le digastrique chez les Vertébrés inférieurs, et les différentes variétés de digas-

trique que l'on rencontre chez les Mammifères plus élevés en organisation.

Leche[1] a classé les nombreuses variétés suivant lesquelles le muscle digastrique (muscle dépresseur de la mâchoire inférieure de Leche) se présente chez les Mammifères en trois groupes.

1° Le muscle est simple, monogastrique.

2° Le muscle est formé de deux ventres, il est digastrique; les deux ventres sont séparés par un tendon intermédiaire de forme et de dimensions variables.

3° Le muscle est à deux ventres, mais il est de plus rattaché à l'os hyoïde par du tissu conjonctif.

La classification de Leche s'étend au plus grand nombre des Mammifères. Chez certains, cependant, le digastrique ou les muscles qui le représentent ont une disposition telle qu'il est impossible de les faire entrer dans le cadre établi par Leche.

Nous distinguerons chez les Mammifères au digastrique, ou aux formations qui en tiennent lieu, quatre formes principales. Nous les décrirons en indiquant l'importance que chacune d'entre elles présente au point de vue du développement phylogénique de ce muscle.

1° *Il n'y a pas de digastrique proprement dit; il existe un muscle sterno-maxillaire qui paraît être l'homologue du sterno-maxillaire des Sélaciens.*

Cette disposition se voit chez Delphinus delphis, Dasypus peba, (Chaine), etc.

Nous croyons pouvoir admettre que, chez ces êtres, le ventre antérieur du digastrique est représenté, de même que chez les Sélaciens, par la portion pré-hyoïdienne du sterno-maxillaire.

Chez certaines espèces de Cétacés et d'Édentés, le sterno-maxillaire tend à se diviser en deux ventres, l'un pré-hyoïdien, l'autre rétro-hyoïdien. Ce commencement de division est indiqué, chez le Delphinus delphis que nous avons étudié, par les insertions que les fibres profondes du sterno-maxillaire prennent sur l'hyoïde, et par l'étranglement que présente le sterno-maxillaire au niveau de l'appareil hyoïdien. Cette division en deux ventres a été observée

1. Leche, *Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs*, Sechster Band, V. Abtheilung.

par Pouchet[1] d'une façon plus évidente chez un Myrmecophaga jubata, dont un des sterno-maxillaires était divisé en deux parties par un tendon intermédiaire.

2° *Il existe concurremment un digastrique et un sterno-maxillaire.*

Cette disposition a été décrite par Young[1] chez Phascolarctos cinereus, par Leche[3] chez Cholœpus.

Chez Phascolarctos cinereus, d'après la description de Young, le sterno-hyoïdien, l'omo-hyoïdien et le digastrique ont une insertion commune sur la mâchoire; les deux premiers de ces muscles ne prennent aucune attache sur l'os hyoïde, et par conséquent n'ont aucune influence sur ses mouvements. Le chef postérieur du digastrique se détache du processus para-occipital et arrive à une intersection tendineuse qui le sépare du chef antérieur au moment où il est rejoint par le sterno-hyoïdien. Dans l'angle compris entre ces deux muscles s'insère l'omo-hyoïdien. Une intersection tendineuse en forme d'Y marque la réunion de ces trois muscles. De ce point part un gros faisceau musculaire, qui correspond au ventre antérieur du digastrique et se dirige vers le bord inférieur de la mâchoire.

Leche retrouve une disposition à peu près identique chez Cholœpus : le sterno-maxillaire est fortement développé et si large qu'il recouvre presque toute la face ventrale du cou, il est fusionné sur la ligne médiane avec celui du côté opposé; il se réunit, en avant de l'hyoïde, avec le ventre antérieur du digastrique.

Les relations intimes qui existent, chez ces deux espèces, entre le ventre antérieur du digastrique et la portion correspondante du sterno-maxillaire, constituent, nous semble-t-il, un argument en faveur de l'origine commune de ces deux formations musculaires. Les parties latérales seulement du sterno-maxillaire se sont réunies à l'extrémité hyoïdienne du ventre postérieur; de plus, la partie moyenne de la portion pré-hyoïdienne du sterno-maxillaire a persisté et a conservé ses relations avec la portion rétro-hyoïdienne de ce muscle.

Chez certains Chéiroptères, on retrouve une disposition qui

1. Pouchet, *Mémoires sur le grand Fourmilier*, 1867.
2. Young, The Muscular Anatomy of the Koola Phascolarctos cinereus, *Journal of Anatomy and Physiology*, vol. XVI, 1882.
3. Leche, *loc. cit.*

rappelle celle qui existe chez Phascolarctos cinereus et chez Cholœpus. Le sterno-hyoïdien de Vesperus serotinus ne s'insère pas, en effet, entièrement sur l'os hyoïde. Quelques-unes de ses fibres dépassent en avant l'appareil hyoïdien et se perdent dans la région pré-hyoïdienne sur une mince aponévrose qui s'étend sur le plancher buccal, entre les digastriques.

3° *Il existe un digastrique à deux ventres réunis soit par un tendon intermédiaire, soit par une intersection tendineuse complète ou incomplète. Dans cette forme de digastrique, on peut distinguer plusieurs cas.*

a) Le digastrique d'un côté est en connexion par des fibres tendineuses, ou bien avec le tendon intermédiaire du digastrique du côté opposé et avec l'os hyoïde, ou bien avec l'os hyoïde seulement.

Cette disposition existe chez la plupart des Primates, chez quelques Prosimiens et quelques Rongeurs.

b) Le digastrique ne présente aucune connexion avec l'appareil hyoïdien; mais les deux tendons intermédiaires sont réunis par une arcade tendineuse transversale, située en avant de l'os hyoïde et donnant naissance, par son bord antérieur, aux ventres antérieurs des digastriques.

Cuvier et Duvernoy signalent cette disposition chez le Mandrill et le Papion. Nous l'avons nous-même décrite chez Macacus et chez Mus musculus.

c) Les digastriques ne présentent aucune connexion avec l'hyoïde, et sont indépendants l'un de l'autre.

Telle est la disposition du digastrique chez la plupart des Prosimiens.

d) Le digastrique, indépendant de l'hyoïde et du digastrique du côté opposé, est formé par deux ventres séparés l'un de l'autre par une intersection tendineuse, mince, à direction transversale ou oblique par rapport à la direction des faisceaux musculaires. Cette intersection peut, ou bien s'étendre sur toute la largeur du muscle, ou bien n'exister que sur une partie de l'épaisseur du digastrique.

Cette forme de digastrique existe, sous les différents aspects que nous venons d'indiquer, chez les Carnivores.

Nous pensons que ces différentes formes de muscle digastrique dont les deux ventres sont réunis par un tendon intermédiaire ou

[illegible] tendineuse, représentent des stades différents [illegible] de ce muscle.

[illegible] plus haut, d'une part, que le ventre antérieur [illegible] aussitôt après sa séparation de la masse muscu- [illegible] qui lui a donné naissance, s'insère sur l'appa- [illegible], d'autre part, que le ventre postérieur du [illegible] fusionné ou non avec le stylo-hyoïdien, s'attache [illegible] soit sur l'os hyoïde, soit sur un raphé médian dans [illegible] dienne, soit enfin, par des faisceaux distincts, à la [illegible] hyoïde et le raphé médian. Les deux ventres du digas- [illegible] donc originellement distincts.

[illegible] pensons que, dans un premier stade, les insertions de ces [illegible] muscles au niveau de l'os hyoïde se sont progressivement [illegible], puis fusionnées. Les deux ventres du digastrique ont [illegible] gardé quelques connexions directes avec l'hyoïde et [illegible] extrémité hyoïdienne des deux ventres du digastrique du [illegible] opposé, c'est-à-dire avec le tendon intermédiaire. On peut [illegible] s'expliquer la disposition que le digastrique présente chez la [illegible] des Primates et quelques Rongeurs.

Dans un deuxième stade, les digastriques ont perdu leurs connexions avec l'os hyoïde; mais ils restent unis entre eux par une arcade tendineuse pré-hyoïdienne. Cette arcade est formée par des fibres qui s'échappent de chaque côté du tendon intermédiaire, continuent la direction oblique du ventre postérieur correspondant et se réunissent sur la ligne médiane (Mandrill, Papion, Mus musculus, etc.).

Dans un troisième stade, les deux digastriques sont devenus entièrement indépendants l'un de l'autre et de l'os hyoïde. Ils se sont par suite éloignés de cet os et rapprochés du maxillaire inférieur (Prosimiens).

Enfin le digastrique, devenu entièrement indépendant, se rapproche de plus en plus du maxillaire inférieur. On arrive ainsi à un quatrième stade où, d'une part, le muscle a subi, par suite de ses rapports plus étroits avec la mâchoire, un recul progressif de ses insertions antérieures, et, d'autre part, une régression concommittante du tendon intermédiaire qui s'est peu à peu transformé en une simple intersection tendineuse. Cette intersection tendineuse peut encore régresser et devenir incomplète. Le digastrique

se présente sous cette forme chez un grand nombre de Carnivores.

4° *Le muscle digastrique est simple; il est monogastrique.*

Nous croyons pouvoir considérer cette dernière forme de muscle digastrique comme le résultat de la disparition complète de l'intersection tendineuse.

Le digastrique, chez la plupart des Carnivores, est formé de deux ventres réunis par une intersection tendineuse complète ou incomplète.

De plus, chez certaines espèces de cet ordre, chez Canis familiaris en particulier, le digastrique peut, dans certains cas, être formé par deux ventres réunis par une intersection tendineuse complète (nous avons observé un cas de ce genre), ou incomplète (cas de Chaine, deux cas personnels); mais cette intersection aponévrotique n'est pas constante; d'après Ellenberger et Baum le digastrique est normalement formé par un seul ventre musculaire.

Les différents aspects suivant lesquels se présente le digastrique chez Canis familiaris constituent, semble-t-il, une série de formes de transition entre le type du digastrique, avec intersection tendineuse, et le type monogastrique du muscle digastrique. La forme monogastrique est la règle chez l'échidné épineux, le hérisson, le cochon, la taupe, l'orang, etc.

Le digastrique présente chez certains Périssodactyles une forme particulière qui paraît, au premier abord, ne pouvoir être expliquée par la thèse que nous soutenons.

Chez Equus, en effet, un très important faisceau musculaire se détache du ventre postérieur et va s'insérer directement sur l'angle de la mâchoire. Gegenbaur pense que cette disposition représente une forme de passage dans l'évolution phylogénique du dépresseur de la mâchoire inférieure.

Selon nous, le faisceau musculaire, qui s'étend du ventre postérieur du digastrique à l'angle de la mâchoire, a la même signification que le muscle *stylo-maxillaire*. Ce muscle se rencontre normalement chez quelques Oiseaux (Testut); il est de plus anormalement représenté chez l'homme par des faisceaux musculaires qui s'étendent de l'apophyse styloïde au maxillaire inférieur.

[illegible] faisceaux anormaux se présentent chez l'homme sous deux [illegible] différents. Dans certains cas, le stylo-hyoïdien manque; le faisceau stylo-maxillaire doit être alors considéré comme un stylo-hyoïdien anormal, arrêté dans son développement. Dans d'autres cas, le faisceau stylo-maxillaire existe concurremment avec un stylo-hyoïdien normal; on est alors en présence d'une forme incomplète de stylo-hyoïdien surnuméraire.

Le stylo-maxillaire peut donc être considéré, dans ces différents cas, comme une dépendance du stylo-hyoïdien.

Or nous avons précédemment montré que le ventre postérieur du digastrique et le stylo-hyoïdien dérivaient d'une même formation musculaire. On peut à notre avis comparer le faisceau maxillaire du digastrique du cheval au muscle stylo-maxillaire quand il existe chez l'homme. Ils ne diffèrent parfois l'un de l'autre que par leurs insertions supérieures; celles-ci peuvent présenter des connexions soit avec l'apophyse styloïde, soit avec le stylo-hyoïdien, soit enfin avec le ventre postérieur du digastrique. Aussi sommes-nous de l'avis de Bourgelat lorsqu'il désigne sous le nom de muscle stylo-maxillaire le faisceau supplémentaire du digastrique du cheval.

Notre thèse permet d'expliquer le plus grand nombre des anomalies qui ont été décrites chez l'homme. La plupart d'entre elles reproduisent, en effet, une des phases de l'évolution phylogénique du digastrique, une des formes ancestrales que nous avons décrites.

Une objection peut être faite à notre théorie en ce qui concerne le développement du ventre antérieur du digastrique et du génio-hyoïdien, aux dépens d'une même formation musculaire. Ces deux muscles sont en effet innervés par des nerfs crâniens différents, le ventre antérieur du digastrique par le trijumeau, et le génio-hyoïdien par le grand hypoglosse.

Chaine a répondu ainsi à cette objection. « Originellement, le faisceau musculaire qui devra donner naissance au génio-hyoïdien et au digastrique est innervé en avant par le groupe du trijumeau (parce que la masse musculaire embryonnaire antérieure dépend du territoire du trijumeau), et en arrière, au contraire, par celui du

grand hypoglosse. Nous croyons qu'il est permis de penser qu'il se produit ainsi une fusion entre les masses musculaires embryonnaires de ces deux territoires nerveux différents, fusion dont nous retrouvons les restes dans les connexions que nous présentent normalement le génio-hyoïdien et le mylo-hyoïdien de quelques Mammifères. Il est démontré qu'à mesure que se développe la musculature de la langue, les rameaux antérieurs du grand hypoglosse prennent une importance de plus en plus grande et augmentent graduellement leur territoire d'innervation et qu'à mesure que l'on considère un Vertébré plus supérieur le nerf grand hypoglosse innerve des muscles plus antérieurs (Gegenbaur)[1]. »

Nous n'insisterons pas sur l'argumentation de Chaine. Il n'est pas possible, en raison du désaccord qui existe entre les auteurs qui se sont occupés de la métamérie des nerfs crâniens, d'admettre une métamérisation précise de ces nerfs.

D'ailleurs, en supposant que l'on puisse admettre une métamérisation nerveuse correspondant à une métamérisation musculaire, les cas de changement d'innervation de certaines formations musculaires ne seraient pas très rares.

Nous rappellerons tout d'abord le cas cité par Chaine : les auteurs sont d'accord pour admettre que le mento-hyoïdien dérive du sterno-hyoïdien; or le sterno-hyoïdien est innervé par le grand hypoglosse, et le mento-hyoïdien reçoit, de même que le ventre antérieur du digastrique, ses filets nerveux du trijumeau.

Si l'on examine la distribution des filets nerveux à certains muscles thénariens, l'on assiste en quelque sorte à une modification qui tend à se produire dans l'innervation de la partie la plus externe du chef carpien de l'adducteur du pouce. Poirier a constaté trois fois sur une trentaine de sujets, que cette partie de l'adducteur recevait un filet du nerf médian. Froment regarde ce filet comme constant.

Nous croyons inutile de rappeler les différents cas de ce genre, que l'on peut trouver dans l'anatomie de l'homme.

CONCLUSIONS

Nous résumerons, sous forme de conclusions, les principaux faits qui se dégagent de l'ensemble de nos recherches.

1° Le digastrique, chez l'homme, est formé par la réunion de deux muscles primitivement distincts. L'un de ces muscles constitue le ventre antérieur, l'autre le ventre postérieur du digastrique.

2° Le ventre antérieur du digastrique et le muscle génio-hyoïdien ont la même origine phylogénique. Ils dérivent tous deux de la portion pré-hyoïdienne du muscle sterno-maxillaire.

3° Le ventre postérieur du digastrique et le muscle stylo-hyoïdien dérivent d'une même formation musculaire, le transverse jugulaire.

4° Le ventre antérieur et le ventre postérieur du digastrique, chez les Mammifères, se réunissent progressivement l'un à l'autre par leurs extrémités hyoïdiennes. Il en résulte la formation d'un tendon intermédiaire qui peut se transformer en intersection tendineuse complète ou incomplète. Cette intersection tendineuse peut disparaître entièrement, et le muscle digastrique se transforme en muscle monogastrique.

1. Chaine, *Anatomie comparée de certains muscles sus-hyoïdiens*, Thèse de la Faculté des sciences de Paris, p. 187.

Explication des Planches IX, X, XI.

Signification des lettres communes à toutes les figures.

ap, aponévrose.
ch, cérato-hyoïdien.
cm, cervico-mandibulaire.
di, digastrique.
dia, faisceau antérieur du digastrique.
dip, faisceau postérieur du digastrique.
expdi, expansion musculaire du digastrique.
artdi, arcade tendineuse du digastrique.
gh, nerf grand hypoglosse.
ghy, génio-hyoïdien.
gg, ganglion nerveux.
hy, os hyoïde.
hym, hyo-maxillaire.
hyme, faisceau externe de l'hyo-maxillaire.
hymi, faisceau interne de l'hyo-maxillaire.
hyms, faisceau superficiel de l'hyo-maxillaire.
hymp, faisceau profond de l'hyo-maxillaire.
itm, intermaxillaire.
itms, intermaxillaire superficiel.
itmp, intermaxillaire profond.
mhy, mylo-hyoïdien.
mhys, mylo-hyoïdien superficiel.
mhyp, mylo-hyoïdien profond.
oh, omo-hyoïdien.
p, peaucier.
pv, muscles prévertébraux.
sth, sterno-hyoïdien.
stclm, sterno-cléido-mastoïdien.
sthy, stylo-hyoïdien.
fstdi, faisceau anastomotique entre le stylo-hyoïdien et le ventre postérieur du digastrique.
stdip, masse musculaire représentant le stylo-hyoïdien et le ventre postérieur du digastrique fusionnés.
ssm, glande sous-maxillaire.
stm, sterno-maxillaire.
stym, stylo-maxillaire.
t, transverse.
ti, tendon intermédiaire et insertions hyoïdiennes du digastrique.
tj, transverse jugulaire.
tja, feuillet antérieur du transverse jugulaire.
tjp, feuillet postérieur du transverse jugulaire.
tjs, feuillet superficiel du transverse jugulaire.
tjp, feuillet profond du transverse jugulaire.
th, transverso-hyoïdien.

Planches.

Fig. 1. — *Scyllium canicula.* Couche superficielle.

Fig. 2. — *Scyllium canicula.* A droite, l'intermaxillaire a été incisé et érigné pour laisser voir le palato-hyoïdien et le sterno-maxillaire.

Fig. 3. — *Scyllium canicula.* A gauche, l'intermaxillaire et le palato-hyoïdien ont été enlevés. Cette figure est destinée à montrer les muscles sterno-maxillaire et sterno-hyoïdien.

Fig. 4. — *Raia marginata.* Couche superficielle.

Fig. 5. — *Raia marginata.* Cette figure est destinée à montrer les différentes formations musculaires du plancher buccal.

Fig. 6. — *Trutta fario.*

Fig. 7. — *Rana esculenta.* A gauche l'intermaxillaire et le transverso-hyoïdien ont été enlevés pour laisser voir les muscles hyo-maxillaire et sterno-hyoïdien.

Fig. 8. — *Bufo vulgaris.* Couche superficielle.

Fig. 9. — *Lacerta ocellata.* A droite, le peaucier et l'intermaxillaire ont été réclinés. A gauche, l'hyo-maxillaire a été incisé au niveau de ses

insertions sur la mâchoire et récliné en arrière pour laisser voir le plan musculaire sus-jacent.

Fig. 10. — *Chameleon vulgaris.* Couche superficielle.

Fig. 11. — *Eryx jaculus.* Cette figure représente à gauche la couche superficielle, le cervico-maxillaire a été érigné en dehors; à droite, les muscles hyo-maxillaire superficiel, cervico-maxillaire et intermaxillaire ont été érignés en dehors, pour laisser voir la couche musculaire qui leur est immédiatement sus-jacente.

Fig. 12. — *Testudo græca.* Les insertions médianes et postérieures de l'intermaxillaire ont été incisées de façon à montrer les muscles hyo-maxillaires.

Fig. 13. — *Gallus gallinaceus.* A droite l'intermaxillaire et le transverso-hyoïdien ont été enlevés ou réclinés, on voit les faisceaux de l'hyo-maxillaire dans toute leur étendue.

Fig. 14. — *Anas boschas domestica.* A gauche, couche superficielle; à droite, l'intermaxillaire superficiel a été érigné de façon à laisser voir l'intermaxillaire profond.

Fig. 15 — *Anas boschas domestica.* Figure destinée à montrer le mode de terminaison antérieure de l'hyo-maxillaire.

Fig. 16. — *Buteo vulgaris.* A gauche, couche superficielle; à droite, le transverse jugulaire a été sectionné pour laisser voir l'hyo-maxillaire.

Fig. 17. — *Talpa europæa.* Couche superficielle.

Fig. 18. — *Talpa europæa.* Le feuillet superficiel du mylo-hyoïdien a été sectionné, de façon à montrer le feuillet profond de ce muscle.

Fig. 19. — *Vesperus serotinus.* L'aponévrose superficielle et les fibres musculaires du sterno-hyoïdien, qui se terminent sur cette aponévrose au niveau du mylo-hyoïdien, ont été enlevées à droite.

Fig. 20. — *Lepus cuniculus.* Couche superficielle. A droite on voit un faisceau tendineux anastomotique allant du stylo-hyoïdien au digastrique.

Fig. 21. — *Rupicapra rupicapra.* Couche superficielle.

Fig. 22. — *Equus caballus.* Figure destinée à montrer la disposition du digastrique chez le cheval.

Fig. 23. — *Macacus.* Couche superficielle.

Fig. 24. — *Macacus.* Les ventres antérieurs des digastriques ont été érignés; on voit, à gauche, le mylo-hyoïdien; à droite, le génio-hyoïdien.

Fig. 25. — *Felis domesticus.* Couche superficielle.

Fig. 26, 27, 28, 29. — Coupes transversales d'un embryon humain de 32 millimètres, destinées à montrer la disposition des muscles digastrique et stylo-hyoïdien à ce stade.

Le propriétaire-gérant : FÉLIX ALCAN.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Fig. I

Fig. II.

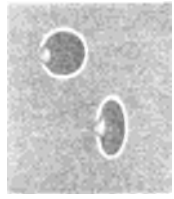


Fig. III.

Fig. IV.

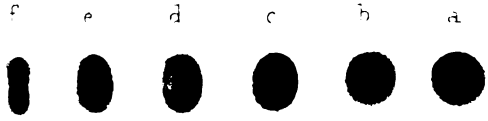


Fig. V.

Fig. VI.

Del. *Imp. L. Lafontaine. Paris* *A. Bénard lith.*

Colorations intra vitales & post vitales
du tissu osseux (fig. I et II);
les autres figures concernent le sang.
ED. RETTERER.

Félix Alcan Editeur

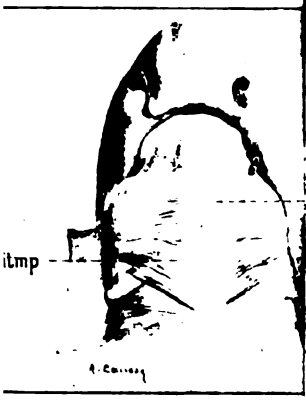


Fig. 1.

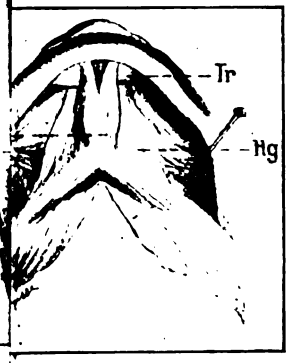


Fig. 6.

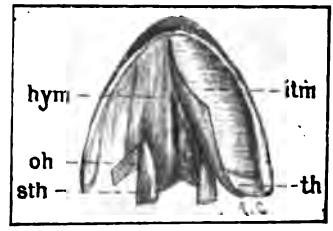


Fig. 7.

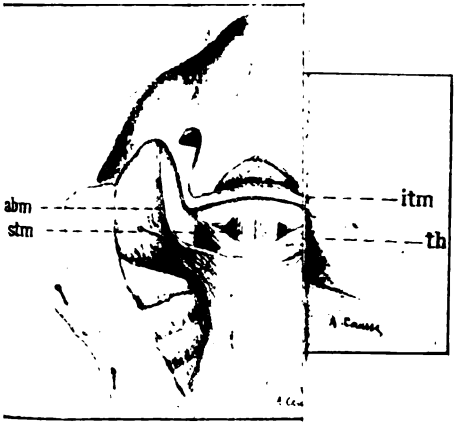


Fig. 8.

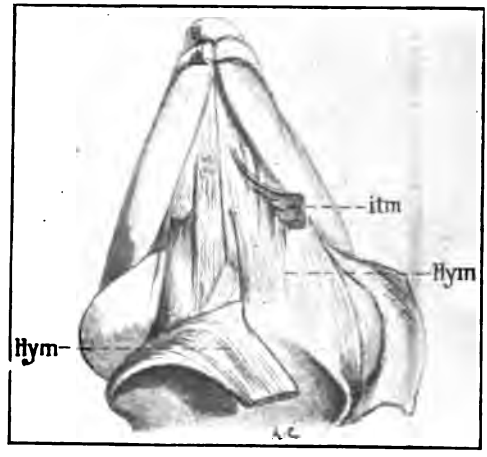


Fig. 9.

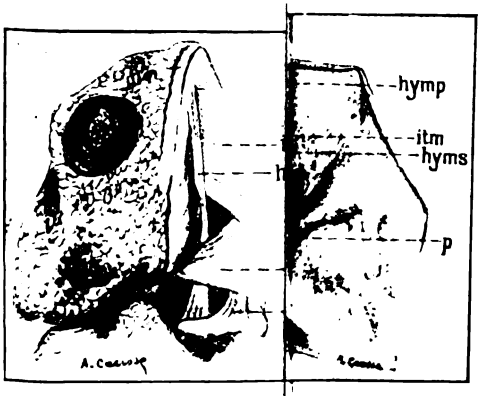


Fig. 10.

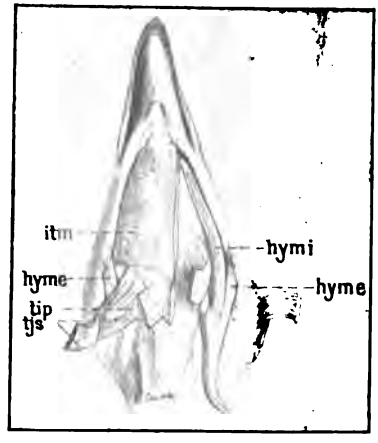


Fig. 13.

ens.

Imp. Paul Brodard.

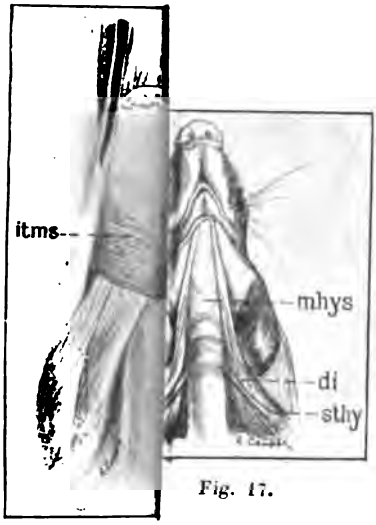


Fig. 17.

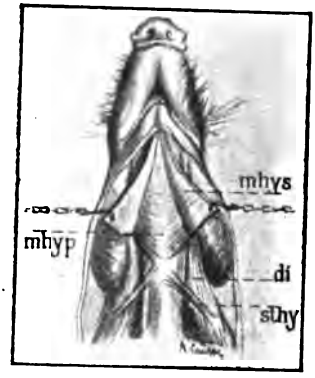
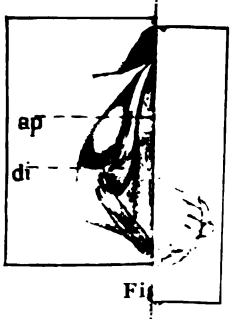


Fig. 18.

Fi



Fi

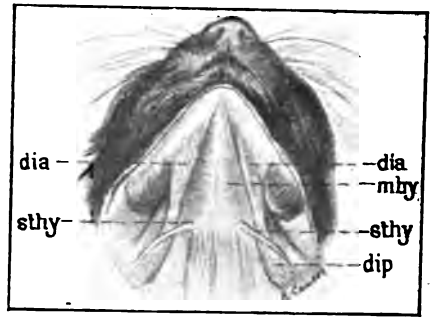
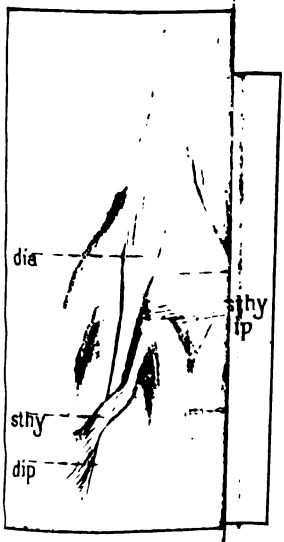


Fig. 25.



Fig

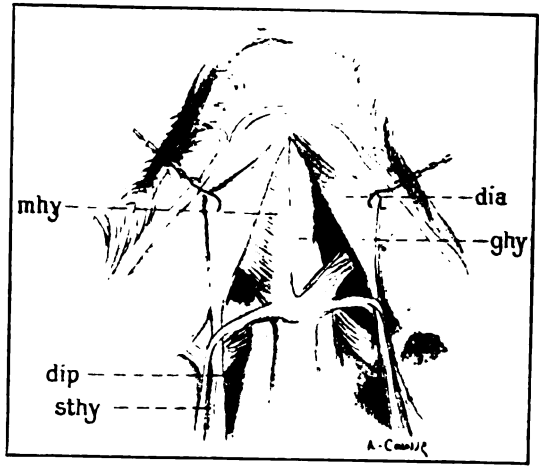


Fig. 24.

Imp. Paul Brodard.

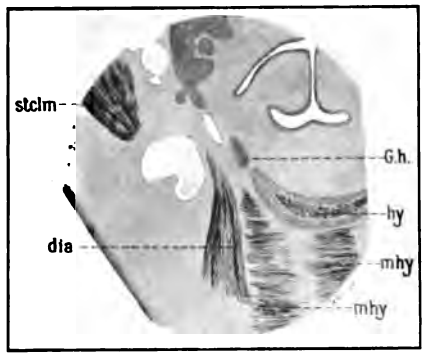


Fig. 26.

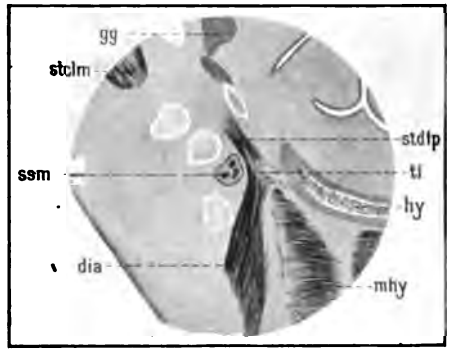


Fig. 27.

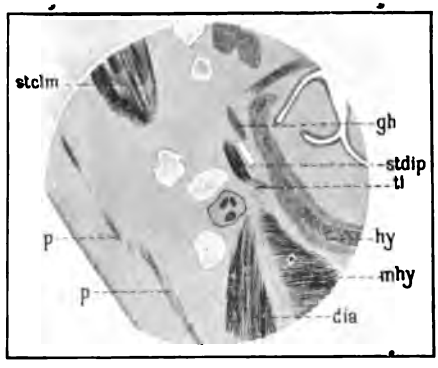


Fig. 28.

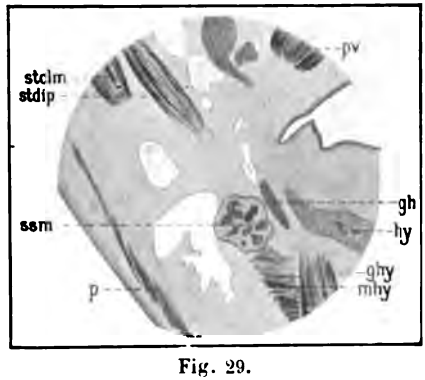


Fig. 29.

Développement phylogénique de certains muscles sus-hyoïdiens.

H. ROUVIÈRE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES FACTEURS DE LA FORME ET DE LA FASCICULATION DES SPERMIES DANS LE TESTICULE[1]

Par Gustave LOISEL,

Directeur du Laboratoire d'Embryologie générale et expérimentale à l'École des Hautes-Études.

(PLANCHES XII ET XIII.)

I. EXPOSÉ SUCCINCT DE LA QUESTION. — Les phénomènes les plus frappants de la spermiogénèse et pourtant les moins étudiés, sont ceux des formes spéciales qu'acquièrent les spermides en se changeant en spermies et de la disposition en faisceaux que présentent ces derniers dans l'intérieur de l'épithélium où ils prennent naissance.

D'une façon générale, chez les animaux, le mode de fasciculation des spermies dans le testicule peut affecter deux modes différents. Dans un premier mode, où l'on trouve les Annélides[2], les Turbellariés[3], les Bryozoaires[4], les Distomes[5], etc., les spermies, flottant dans les cavités testiculaires, se présentent par groupes isolés dans lesquels toutes les têtes de spermies convergent vers un centre commun, alors que les queues flottent librement à la péri-

1. Conformément à une nomenclature simplifiée qui tend de plus en plus à prévaloir, nous appellerons dans ce travail :

SPERMIE	ce qu'on appellait	autrefois	*spermatozoïde,*
SPERMIDE	—	—	*spermatide,*
SPERMIOCYTE	—	—	*spermatocyte,*
SPERMIOGONIE	—	—	*spermatogomie,*
SPERMIOGÉNÈSE	—	—	*spermatogénèse,*

La première idée de cette simplification est due à Lenhossek (*Verhandl. der Anat. Gesells.*, 1905, p. 110.

2. *Clitellio*, d'après Claparède, 1861, et Jensen, 1883; *Branchiobdella*, d'après Voigt, 1885; *Lumbricus*, d'après Bugnion et Popoff, 1905.

3. Jensen, 1883.

4. Korotnef, 1888.

5. Monticelli, 1892.

phérie. Ces groupes forment ainsi les masses sphériques flagellées que l'on désigne parfois sous le nom de *morulas spermatiques*; elles renferment généralement, à leur centre, une masse protoplasmique ou cytophore dans laquelle plongent les têtes des spermies[1] et qui peut contenir elle-même un noyau; il en est ainsi du moins dans les espèces du genre Clitellio, alors que les cytophores des Sangsues, des Branchiobdelles et des Lombrics sont anucléées.

Dans un second mode, représenté par les arthropodes et les vertébrés, les spermies, au lieu d'achever leur évolution en état de liberté, restent toujours fixées dans la profondeur ou à la surface interne de l'épithélium séminifère. Elles s'orientent alors, dans chaque région de croissance, de manière à former autant de faisceaux d'éléments placés parallèlement les uns à côté des autres; dans chacun de ces faisceaux, les queues font saillie dans la lumière des tubes séminipares alors que les têtes juxtaposées sont dirigées vers la paroi des tubes et implantées plus ou moins profondément dans l'épithélium séminal; de même que pour le premier mode, on remarque parfois que les têtes sont plongées au sommet d'une masse protaplasmique nucléée décrite sous le nom de *cellule de Verson* chez les Arthropodes et de *cellule de Sertoli*, chez les Vertébrés[2].

Ces dispositions régulières et symétriques des spermies se répétant constamment et toujours de la même façon doivent être évidemment réglées par des facteurs puissants qu'il serait du plus haut intérêt biologique de pouvoir mettre nettement en évidence. C'est Ebner le premier, croyons-nous, qui, en 1871, essaya d'expliquer l'orientation spéciale des spermies des Mammifères par un déplacement actif des spermides qui viendraient se fixer sur le sommet d'une cellule de Sertoli (spermatoblaste) pour y achever leur évolution.

Biondi, en 1885, puis Tellyesnicky en 1894, viennent donner une explication plus simple du phénomène. Tellyesnicky, en particulier, qui est revenu plusieurs fois sur la question (1895-97 et 1906), dit qu'il n'y a pas déplacement réel des spermies en évolution et que leur fasciculation n'est due qu'aux pressions latérales que ces

1. D'après Monticelli (1892) il n'y a pas de cytophore central chez les Distômes.

2. Bugnion et Popoff (*loc. cit.*, p. 416) font remarquer que « la spermatosphère de Clitellio figurée par Claparède (1861, pl. III, fig. 9 à 12) établit un passage des Annélides aux Arthropodes, dans ce sens que les spermies insérées obliquement sur le cytophore se dirigent toutes du même côté et tendent (au lieu de rayonner) à former un faisceau parallèle ».

spermies subissent de la part des générations voisines plus jeunes. D'un autre côté, il croit trouver l'explication de la copulation dans ce fait que le protoplasma sertolien se répand entre les cellules et vient se fusionner avec les restes plasmatiques des spermides.

En 1897, Benda vint expliquer à son tour la fasciculation des spermies en faisant jouer un rôle essentiel aux fins filaments que renferment parfois les cellules de Sertoli. Il supposa que ces filaments sont de nature contractile, qu'ils vont s'attacher toujours au même point des noyaux des spermides en évolution et qu'ils se contractent à un certain moment, de manière à grouper toutes les spermides dans une même direction.

Cette théorie dite de la copulation ou de la symphorèse fut combattue, en particulier, par Lenhossek (1898). Ce savant histologiste retrouve bien, en effet, une structure fibrillaire au protoplasma sertolien, mais il dit n'avoir jamais vu les fibrilles se contracter ni venir s'attacher sur les têtes des spermies.

La théorie de Benda fut reprise, modifiée il est vrai, par Regaud qui s'exprime ainsi (1901, p. 264) : « *La fasciculation et la rétraction des spermies sont manifestement dues à la contractilité du protoplasma syncétial* (sertolien). Ces cellules, plongées *dès leur naissance* dans ce protoplasma, sont à un moment donné entraînées vers la couche génératrice par la contraction de ses fibrilles. »

Quelque temps après, en 1902 (p. 158), nous montrions nous-même que cette explication n'était pas possible, au moins pour le Moineau, car nous voyions, chez cet oiseau, la fasciculation des spermies débuter à un moment où elles n'avaient aucun contact direct avec le protoplasma sertolien, dépourvu d'ailleurs ici de fibrilles contractiles. Pourtant Regaud revenait à son explication à la fin de 1902 (p. 211), en l'appuyant d'arguments nouveaux ; mais ces arguments, loin d'être « décisifs » comme il le pensait, montraient tout simplement que l'épithélium séminal tout entier (et non pas seulement le protoplasma sertolien) est en perpétuel mouvement lors de la spermatogénèse. Cela, on pouvait le deviner, ne serait-ce que par l'existence des cinèses successives des éléments de cet épithélium ; mais ces mouvements, qui peuvent expliquer les migrations de globules de graisse, de corps résiduels, de noyaux ou de fragments de noyaux en dégénérescence, ne peuvent à eux seuls expliquer la fasciculation, toujours dans le même sens, des spermies. D'un autre côté, ces spermies ne sont pas, dès leur

naissance, plongées dans le protoplasma sertolien. Et le seraient-elles, la contraction de ce protoplasma autour de son propre noyau ne produirait jamais la formation de faisceaux réguliers, comme nous le montrerons plus loin.

Dès 1901 [1], les recherches que nous poursuivions alors chez le Moineau nous avaient montré la possibilité d'une autre explication, plus satisfaisante, croyions-nous, de la fasciculation des spermatozoïdes. Nous avions vu que la couche basale de l'épithélium séminifère était formée de cellules à caractères glandulaires, dont l'origine remontait à la vie embryonnaire du testicule; nous avions vu, au moment de chaque poussée spermatogénétique, quelques-unes de ces cellules exagérer leur activité sécrétante et prendre ainsi le caractère des cellules dites de Sertoli, alors que les autres dépensaient leurs produits d'élaboration en cinèses successives. Or, prenant certains points de repère, nous remarquions que les derniers produits de ces cinèses, les spermies, se déplaçaient d'abord sur place, tournant toujours les mêmes parties vers les cellules de Sertoli en pleine activité sécrétante, puis s'étiraient dans le sens de la direction de ces cellules de manière à venir se fixer toutes, par leurs pointes, au sommet de chaque cellule de Sertoli. Connaissant, d'autre part, la sensibilité si grande des spermatozoïdes pour certaines substances chimiques, nous avions été amenés à voir ici, tout naturellement, des phénomènes de mouvement déterminés et orientés par les sécrétions sertoliennes, c'est-à-dire des chimiotaxies.

En même temps que nous, un histologiste suédois, Broman (1901), étudiant le testicule des Sélaciens, avançait des idées semblables, tout en faisant intervenir une idée finaliste que nous étions obligé de combattre dans notre mémoire de 1902 (*a*). Il figurait très nettement entr'autres, chez le Chien de mer, les différentes situations qu'occupent successivement les spermides en voie d'évolution et leur fasciculation finale.

Cette coïncidence de deux histologistes travaillant des sujets différents, sans se connaître, et arrivant à des conclusions identiques, est déjà assez curieuse pour plaider en faveur de l'explication proposée. Mais quelque temps après, deux belges, Mosselman et Rubay (1901), étudiant le testicule du Cheval, venaient con-

1. Voir également 1902 (*a*), p. 161, et 1902 (*b*), p. 79.

firmer en tous points l'explication que nous avions avancée de la fasciculation des spermies.

Pourtant Regaud (1902, *b*, p. 313), ne veut pas encore admettre la réalité de phénomènes de tactismes dans la spermatogénèse; il s'en tient toujours au rôle contractile de la cellule de Sertoli. D'un autre côté, deux savants suisses, Bugnion et son élève Popoff (1905), tout en admettant la possibilité de rhéotaxisme pour l'arrangement des spermies dans les entonnoirs ciliés du Lombric, n'acceptent pas la présence de phénomènes de taxies à l'intérieur du testicule, ou du moins ne leur font jouer aucun rôle dans la fasciculation des spermies et cela chez les Vertébrés aussi bien que chez les Invertébrés. Ils admettent que celle-ci peut s'expliquer par la prolifération d'une cellule germinale unique donnant toujours le même nombre d'éléments qui garderaient leur même situation respective dans tout le cours de leur évolution.

Ceci n'est certainement pas tout à fait exact. Comme nous l'avons déjà dit en parlant du Moineau et comme nous le montrons encore plus loin, les spermides, dont le nombre est loin d'être fixe pour chaque groupe, se meuvent à un certain moment de leur évolution, abandonnant ainsi les situations respectives qu'elles occupaient auparavant.

Du reste Bugnion et Popoff reviennent sur leur affirmation primitive dans leur mémoire définitif (1905). Sans abandonner leur précédente explication, ils ajoutent pourtant : « Il est vrai qu'on doit faire intervenir encore l'attraction spéciale (chimiotaxisme) exercée par la cellule nourricière pour expliquer la migration des spermies du côté de la paroi du tube, le parallélisme des queues, la disposition régulière et persistante des éléments du faisceau. Il semble bien que la cellule de Sertoli exerce une action particulière sur le faisceau qu'elle englobe et que, à côté de son action nutritive, il faille lui accorder encore une influence sur le groupement des éléments spermatiques. Nous ne pensons pas toutefois que la cellule de Sertoli puisse former un faisceau spermatique par son attraction seule en prenant au hasard dans plusieurs groupes. Une telle manière de voir[1] ne s'accorderait ni avec la régularité du groupement,

1. Jamais nous n'avons dit que la cellule de Sertoli pouvait prendre au hasard dans plusieurs groupes, pas plus que nous n'avons présenté le rôle de cette cellule avec l'idée finaliste que l'on trouve rappelée ici.

ni avec la constance des nombres observés chez différents types. »

En somme, cette courte revue historique montre que notre théorie explicative de la fasciculation des spermatozoïdes, tout en gagnant du terrain dans l'esprit des spermiologistes, demandait à être affirmée encore par de nouvelles recherches.

Ce sont ces recherches, qui ont porté sur la spermiogénèse de quelques types de Mammifères, d'Oiseaux, de Reptiles et de Batraciens dont nous allons apporter ici les résultats, en nous arrêtant seulement aux phases qui sont intéressantes pour notre démonstration.

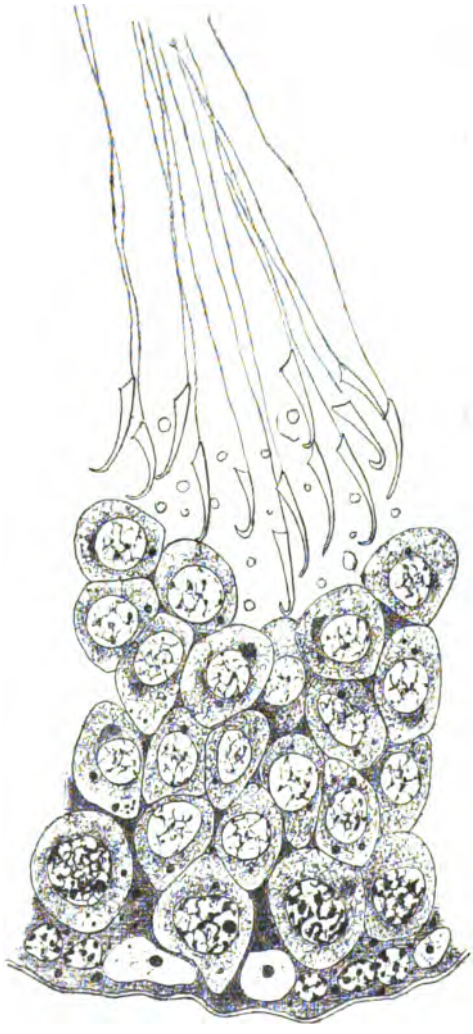


Fig. 1. — *Epithélium séminifère de Rat. Liq. de Bouin.* — A la surface, spermies adultes de la précédente poussée spermiogénique, sur le point d'être rejetées dans la lumière du tube; au-dessous, groupe de jeunes spermides non encore orientées; plus bas, rangée de quatre spermiocytes; plus bas encore, contre la paroi, rangée de cellules germinatives à limites non distinctes et renfermant trois noyaux de Sertoli (noyaux claires).

II. Observations nouvelles. — *a. Chez les Mammifères.* — Voici tout d'abord trois figures (fig. 1 à 3), qui représentent trois coupes de canalicules séminifères du Rat; le testicule, en activité sexuelle, a été fixé par le liquide de Flemming qui a mis en évidence des globules de graisses appartenant sans doute au groupe des lécithines.

La figure 1 représente une portion d'épithélium séminifère portant, à sa surface, des spermies mûres, dissociées et sur le point d'être éliminées; nous n'avons représenté que le contour de ces spermies qui sont, en réalité, plongées dans une couche de détritus dont nous n'avons figuré également que quelques parties.

A ce stade, l'épithélium séminifère proprement dit comprend, de la base au sommet : une première zone formée de cellules germinatives et de cellules de Sertoli renfermant de rares globules de sécrétion; une seconde zone formée de spermiocytes se préparant à la karyocinèse; enfin plusieurs rangées de spermides qui doivent surtout nous arrêter. Ces cellules sont à l'état de repos cinétique; leur noyau est clair, peu chromatique; leur corps cellulaire renferme parfois de rares globules de graisse, mais on y trouve constamment une masse plus sombre, archoplasmique, accolée en forme de coiffe à la surface du noyau; on voit également, dans le voisinage de ce noyau, un petit grain sphérique, fortement colorable par la safranine, qui représente sans doute le centrosome. Ce sont maintenant les déplacements de ce grain chromatophile qui vont fixer notre attention en même temps que le sens dans lequel vont se faire les déformations des spermides, au cours de leur évolution ultérieure; nous allons suivre ces phénomènes en examinant d'autres régions de la même coupe ou du même testicule.

Au stade où nous sommes, dans la figure 1, on ne constate encore aucune déformation spéciale; les noyaux sont arrondis, les corps cellulaires sont polyédriques par pression réciproque; enfin, et ceci est à noter, les petits grains chromatophiles, de même que les masses archoplasmiques, occupent, par rapport à la paroi du canalicule, toutes les situations possibles; les unes sont situées en haut, d'autres en bas, à droite, à gauche ou dans toute autre situation oblique.

Les spermides que nous venons de voir sont les éléments destinés à se transformer en spermies. La figure 2 représente une des premières phases de cette transformation. Les noyaux se sont déformés et ont abandonné le centre du corps cellulaire pour venir, tous, se placer du côté de la cellule qui regarde la paroi du canalicule; les corps cellulaires eux-mêmes se sont allongés dans le même sens. Les corps chromatophiles sont entourés d'une zone claire; beaucoup occupent encore les positions les plus diverses,

mais cependant le plus grand nombre sont venus se placer contre le pôle du noyau qui regarde le centre du canalicule.

Dans la figure 3, qui représente un stade de transformation plus avancé, les noyaux se sont comme étirés dans la même direction que ci-dessus et leurs pointes tendent à sortir de leur corps cellulaire correspondant; tous les corps chromatophiles, sans distinction, sont placés au pôle central du noyau; enfin, les corps cellu-

Fig. 2. — *Epithélium séminifère de Rat. Liq. de Bouin.* — Les spermies adultes sont expulsées; les spermies sous-jacentes se sont toutes orientées et allongées dans la direction d'une cellule de Sertoli dont le protoplasma a élaboré une grande quantité de graisse.

laires, s'allongeant tous dans le même sens que les noyaux, se sont tassés les uns contre les autres, formant un faisceau de spermides qui n'aura plus qu'à continuer son évolution, sans changer de situation, pour devenir un faisceau de spermies.

Ce sont les mêmes phénomènes que nous avons vu se succéder dans la spermiogénèse de la Souris, dont les éléments sont beaucoup plus petits que ceux du Rat, dans celle du Hérisson, dont nous représentons (fig. IV et V, pl. XII) deux groupes de spermies en en fasciculation très avancée, et dans celle de l'Écureuil (fig. I à III,

pl. XII), dont les éléments séminaux représentent au contraire, à cause de leurs grandes dimensions, un sujet d'étude très favorable.

La figure I de l'Écureuil qui correspond à la figure 1 du Rat, nous montre un groupe de neuf spermides s'enfonçant entre deux spermiocytes de premier ordre; ces spermides sont dans l'état qui suit de près leur formation par la division des spermiocytes de deuxième ordre. Là encore, on remarque, à côté de leurs noyaux sphériques

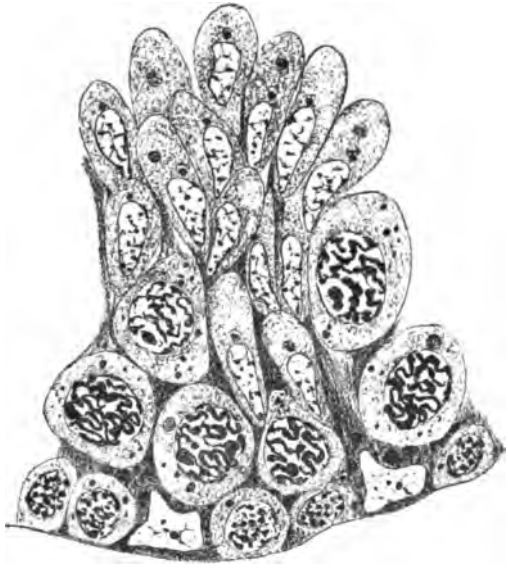


Fig. 3. — *Epithélium séminifère de Rat. Liq. de Bouin.* — Transformation plus avancée des spermides et commencement de leur fasciculation.

et dans les positions les plus diverses, d'abord une masse archoplasmique sphérique ou en forme de croissant, puis un ou deux petits grains chromatophiles entourés d'une zone claire. Dans la figure suivante (fig. II), la transformation des spermides est déjà assez avancée : tous les corps cellulaires ainsi que leurs noyaux se sont allongés dans la même direction qui est toujours celle de la paroi canaliculaire, mais les corps chromatophiles sont venus se placer ici du côté périphérique du noyau. Ces corps ne sont donc peut-être pas les homologues des grains safranophiles du testicule du Rat, d'autant plus que l'on distingue, ici, à l'extrémité opposée des noyaux, des formations chromatiques qui seront le point de départ des filaments caudaux. En tous cas, et c'est ce que nous

voulons seulement mettre en évidence, dans l'intervalle des deux phases représentées ici, il se fait, à l'intérieur des spermides, des mouvements tels que les premiers spermides, qui présentaient une symétrie rayonnée se transforment en spermides nouveaux dont la symétrie devient nettement bilatérale et qui s'orientent toujours dans le même sens.

Dans la figure III les spermides se sont encore transformés davantage; ils commencent à se grouper en faisceaux qui s'insinuent déjà nettement entre les spermiocytes sous-jacentes. Leur orientation est maintenant définitive, mais avant de devenir des spermies adultes, elles devront subir des modifications de structure compliquées qui ont été bien décrites récemment par J. Van Mollé (1906).

b. Chez les Oiseaux. — Le testicule des oiseaux paraît encore beaucoup plus favorable que celui des mammifères pour la reconnaissance des orientations spéciales que prennent les spermides en voie de transformation. Chez ces animaux, du moins chez les passereaux que nous avons étudiés : Moineau, Serin, Foudi, Combassou, etc., l'on peut trouver, dans un même point de l'épithélium séminifère, tous les stades de transformation des spermides en spermies (fig. 4). De plus, on voit ici, au cours de cette évolution, un stade de transition nettement marqué (*f*) que les auteurs ont parfois désigné sous le nom de spermatosome. Dans ce stade, le corps cellulaire garde encore la forme polyédrique du stade précédent, représenté en *e*, mais le noyau, de sphérique qu'il était, s'est transformé en un élément cupuliforme recevant, dans sa coupe, une vésicule claire et présentant, directement à l'opposé, un ou deux grains chromatophiles qui représentent sans doute les centrosomes. Ces noyaux, ainsi doublés, représentent donc, à ce moment, des organites à symétrie bilatérale dont il est très facile de reconnaître les directions respectives. Or, ces directions sont des plus diverses comme il est facile de s'en rendre compte sur la figure 4 et il est évident que si l'évolution de ces éléments se continuait de cette façon, ou bien si une cellule de Sertoli venait, par ses contractions, les tasser tous en un seul ensemble, comme le pense Regaud, il en résulterait la formation, non pas d'un faisceau de spermies placées parallèlement les unes aux autres, mais bien celle d'une masse hérissée de spermies dont les têtes s'entrecroiseraient et dont les queues se dirigeraient dans tous les sens.

Mais, et c'est déjà ce que nous avions mis nettement en évidence, dans notre précédent mémoire consacré au Moineau, il se fait une

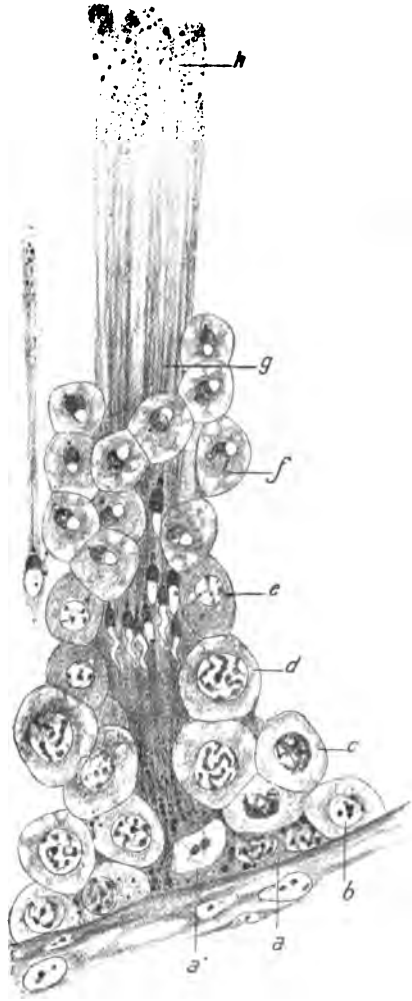


Fig. 4. — *Testicule de Serin en spermatogénèse. Liq. de Bouin*; safranine et acide picrique. — *a*, cellules germinatives à limites peu distinctes; — *a'*, noyau d'une cellule de Sertoli dont le protoplasma, s'élevant sous forme de colonne, renferme des produits de sécrétion (probablement de la lécithine); *b*, spermiogonies; *c*, spermiocytes en synapsis; *d*, spermiocytes en voie de division; *e*, jeunes spermides; *f*, spermides en transformation, entourant un faisceau de jeunes spermies; *g*, faisceau de jeunes spermies dont les queues passent sous des spermides en transformation; *h*, couche de détritus remplissant la lumière des tubes séminipares.

rotation de ces organites; cette rotation est démontrée par ce fait d'observation que l'on voit, dans d'autres régions voisines, toutes

les têtes dirigées dans une même direction : celle du sommet d'une cellule de Sertoli; au même stade tous les filaments caudaux sont allongés dans un sens diamétralement opposé (fig. 4, *g*). C'est dans cette situation de parallélisme réciproque que les spermides terminent leur évolution et deviennent des spermies adultes.

c. Chez les Reptiles. — Les testicules des Reptiles semblent pré-

Fig. 5. — *Epithélium séminifère d'un Gecko tué en mai. Liq. de Flemming.* — A la surface, groupe de spermides à limites peu nettes et dont les noyaux sont en voie de transformation; au-dessous zone de spermiocytes de second ordre.

senter une structure identique à celle du testicule des Oiseaux. En effet, l'épithélium séminifère d'un Gecko par exemple, sacrifié en mai, nous montre également, dans une même région, les différentes formes des cellules séminales. Dans le testicule que nous avons étudié, tous les canalicules séminifères étaient en voie de présper-matogénèse ou de spermatogénèse commençante. Les figures que nous en donnons (fig. 5 et 6) sont insuffisantes pour permettre de suivre les modifications intimes des spermides, mais elles nous montrent bien les mêmes phénomènes d'allongement et d'orientation des noyaux que ceux que nous avons vus et dessinés chez les Oiseaux.

La figure 5 représente une portion de la paroi d'un canalicule séminifère dans lequel on voit de bas en haut :

1° Une couche de cellules conjonctives intercanaliculaires avec

d'énormes sphérules de graisse colorées en noir par l'acide osmique du fixatif;

2° Une première zone de cellules germinatives contenant une spermiocyte en synapsis et, à côté, deux cellules de Sertoli;

3° Une large couche de spermiocytes en synapsis avec, sur la droite, un groupement de spermiogonies;

4° Enfin, en haut, trois couches de spermides à différents stades

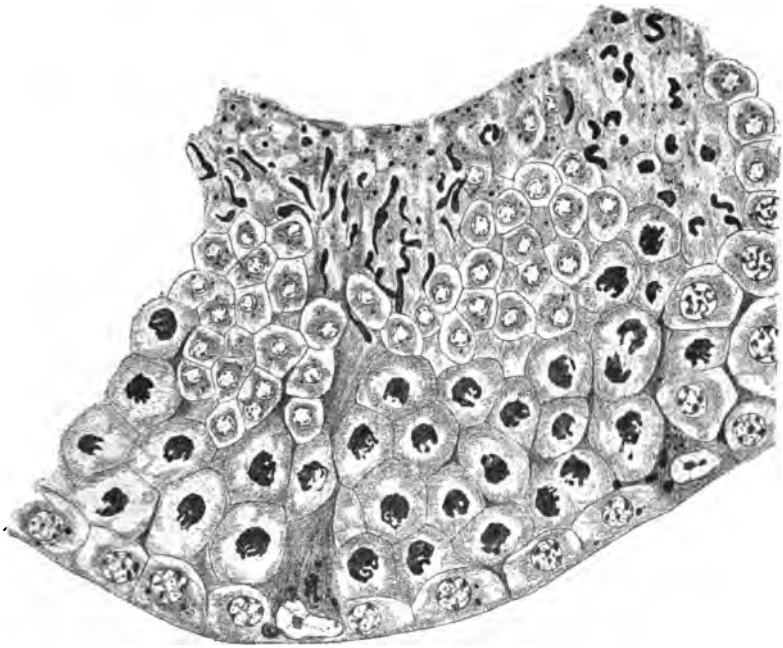


Fig. 6. — *Epithélium séminifère d'un Gecko tué en mai. Liq. de Flemming.* — A droite de la figure groupe de spermides en voie de transformation plus avancée; à gauche début de la fasciculation d'un groupe de spermies.

d'évolution : *d*, spermides au repos à noyaux clairs et sphéruleux; *e*, noyaux denses, compacts, fortement chromatiques, mais encore sphériques; *d*, noyaux s'allongeant *dans tous les sens.*

La figure 6 représente, à droite, un stade un peu plus avancé de la transformation des spermides; là encore, les noyaux de ces éléments sont allongés dans toutes les directions; cependant, on voit déjà quelques noyaux dans la direction perpendiculaire ou oblique qu'ils vont tous prendre, au stade suivant; ce stade se trouve représenté à gauche de la même figure.

Il est inutile de pousser plus loin des recherches semblables,

d'autant plus que l'examen des figures données par les auteurs nous montre, nettement représentés, les mêmes faits que ceux que nous venons de décrire. Pourtant les auteurs, en dehors de Broman, n'en ont pas soupçonné l'importance pour la compréhension de la fasciculation des spermies. Cl. Regaud, par exemple, a parfaitement figuré, dans les dessins 7 et 8 de son mémoire sur le Rat (1901) les grains chromatophiles occupant d'abord les situations les plus diverses, puis venant tous se placer, dans les stades suivants (fig. 1 et 2 de son mémoire), au pôle caudal de chaque noyau.

Ce sont donc là des faits qui nous paraissent absolument démontrés et que nous pouvons résumer ainsi :

Les organites qui composent le corps des jeunes spermides : noyau, centrosomes, sphères archoplasmiques, présentent tout d'abord les situations respectives les plus diverses, non seulement par rapport à eux-mêmes, mais encore par rapport à la paroi des canalicules séminifères.

Puis, à un certain moment de leur évolution, ces organites se meuvent dans le corps cellulaire de manière à s'orienter tous de la même façon, par rapport à la paroi du canalicule. En même temps, le corps cellulaire commence à s'allonger et à s'orienter tout entier dans le même sens.

III. Corrélations entre les mouvements des spermides et les modifications physico-chimiques de leur noyau. — Le moment où ces mouvements se produisent coïncide ou paraît même être déterminé par d'autres phénomènes qui n'ont pas assez attiré l'attention des histologistes. Ces phénomènes sont des *changements dans l'état physique et chimique du noyau des spermides*. On remarque, en effet, que de gros et de vésiculeux qu'il était auparavant, ce noyau devient petit, compact et comme vidé de la plus grande partie de ses substances liquides. Cette déshydratation du noyau des spermides en évolution que nous avons mise en évidence pour la première fois en 1902 (*loc. cit.*, p. 137 et suiv.) avait été vue précédemment par beaucoup de spermatologistes, car on en retrouve les différentes phases représentées dans leurs dessins, comme nous l'avons montré en 1902, mais elle n'avait pas attiré autrement leur attention. Il est probable pourtant que nous avons là une cause qui permet ou favorise le mouvement des spermides en évolution, car une expérience va nous montrer tout à l'heure que la

sensibilité aux incitations tactiques des spermies mûres va en augmentant avec le degré de déshydratation du milieu dans lequel elles se trouvent.

L'état chimique, ou plutôt l'affinité des spermides en évolution pour les colorants, change en même temps que leur état physique. Nous l'avons constaté d'abord chez le Moineau, en 1902, de différentes façons : en montrant, par exemple, que les noyaux des spermides prennent le magenta quand ils sont à l'état vésiculeux, alors qu'ils se colorent exclusivement par l'acide picrique quand ils se sont vidés de leur suc nucléaire; nous l'avons vu depuis chez la Grenouille dont les spermies se colorent énergiquement en jaune vif dans le picrocarmin, alors que les noyaux vésiculeux des spermides se colorent en rouge. Nous l'avons vu, en somme, dans tous les cas où nous l'avons cherché et, à la vérité, plusieurs auteurs l'avaient vu avant nous. Mais là encore, aucun n'avait remarqué que ces changements, dans l'état chimique du noyau, coïncident avec le moment où les noyaux des spermides subissent les mouvements de rotation que nous avons décrits plus haut. Cette constatation est évidemment de la plus haute importance en physiologie cellulaire, car elle permet d'admettre, provisoirement du moins, que les deux phénomènes : changements dans la constitution du noyau des spermides et mouvements de ce noyau, sont occasionnés par une seule et même cause.

IV. Corrélation entre les mouvements des spermides et l'activité sécrétoire des cellules de Sertoli. — Il s'agit maintenant de rechercher cette cause et, pour cela, il est tout indiqué de diriger son attention du côté vers lequel les spermides s'orientent, c'est-à-dire vers la paroi des tubes séminipares et en particulier vers les cellules de Sertoli qui s'y trouvent.

Au moment où cette orientation commence, le groupe de spermides considéré est situé, chez le Gecko, par exemple, à la surface interne de l'épithélium séminifère (fig. 5 et 6); il est séparé de la zone des cellules de Sertoli par toute l'épaisseur de cet épithélium, de sorte qu'il est impossible de faire intervenir ici une action mécanique directe de ces cellules, sur l'orientation en question. Ceci serait possible, au contraire, pour le Rat (fig. 1) dont les spermides sont, à ce moment, en contact immédiat avec le protoplasma sertolien; et c'est cet animal, en effet, que Regaud avait

étudié avant d'émettre l'opinion que nous avons relatée plus haut. Pourtant il suffit de jeter un coup d'œil sur la figure 1 pour voir que, dans les situations différentes où les noyaux, les sphères et les centrosomes sont placés, les contractions des cellules de Sertoli n'arriveraient jamais à produire un faisceau de spermies à éléments parallèles. Du reste nous avons vu qu'il ne se faisait pas un mouvement d'ensemble, qu'il ne se produisait pas un tassement global de tous les spermides en même temps, mais bien des mouvements particuliers à chaque spermide. Il faut surtout remarquer que, dans chaque spermide, le noyau, les organites contenus dans le corps cellulaire et le corps cellulaire lui-même présentent des mouvements indépendants les uns des autres quoique se faisant tous dans une même direction. Comment, dans ces conditions, pourrait-on admettre, comme cause de la fasciculation des spermies, les pressions latérales de Tellyesnicky ou la contractibilité du syncitium sertolien de Regaud?

D'autres observations, du reste, viennent encore s'opposer à ces explications. Ainsi, dans le stade suivant, on remarque (fig. 2) que plusieurs couches de spermiocytes nouvellement formées sont venues s'intercaler entre la zone des cellules de Sertoli et les spermides qui vont continuer leur évolution dans les conditions semblables à celles que nous voyons chez les Oiseaux et chez les Reptiles. Enfin, chez les Mammifères comme chez les Sauropsidés, au moment où vont débuter les mouvements des spermides, la cellule de Sertoli, élément glandulaire comme nous l'avons montré en 1902 (p. 148), est à un état qu'on peut appeler de repos; son noyau est en général parfaitement reconnaissable, mais son corps cellulaire, parfois nettement limité, à ce moment, dans l'Écureuil par exemple (fig. 4 et 5), a tout à fait le même aspect et la même étendue que celui des cellules germinatives voisines. Cependant, dans les préparations faites en vue de ces recherches, c'est-à-dire dans des préparations qui n'ont pas subi l'action de liquides dissolvants, on remarque que ces corps cellulaires, aussi bien celui des cellules germinatives que celui des cellules de Sertoli, commencent à élaborer des substances chimiques figurées : graisses, lécithines, lipochromes, albuminoïdes, etc.

Cette élaboration va aller en augmentant, à partir de maintenant, surtout dans les cellules de Sertoli qui vont acquérir de plus en plus nettement le caractère glandulaire : le noyau va se déplacer,

se déformer et s'entourer de produits de sécrétion de plus en plus abondants, leur corps cellulaire va s'allonger en une longue colonne protoplasmique qui va s'insinuer entre les cellules séminales et verser ses produits dans la lumière du canal.

Or, il est facile de constater que tous les mouvements de rotation et d'allongement des spermides se font dans la direction de la cellule de Sertoli la plus voisine et corrélativement avec ses différentes phases de sécrétion.

Connaissant d'autre part les expériences déjà anciennes qui nous ont montré la sensibilité si grande des éléments mâles vis-à-vis de certaines substances chimiques, il nous paraît impossible de ne pas rapprocher les deux ordres de phénomènes que nous venons de mettre en évidence et de ne pas voir, dans des phénomènes de chimiotaxie positive, un des principaux facteurs de fasciculation des spermies.

Mais ce serait bien peu scientifique, il nous semble, de faire intervenir ici les explications finalistes qui sont si en faveur actuellement chez les spermatologistes; nous ne saurions dire, par exemple, que les spermides se dirigent vers les cellules de Sertoli *pour* s'y nourrir et que ces dernières cellules secrètent de la graisse *pour* alimenter les spermides.

Nous voyons seulement que les cellules de Sertoli jouent le rôle d'éléments glandulaires : périodiquement elles élaborent des produits de sécrétion qui s'écoulent, en partie du moins, par leur surface libre[1] et vont agir sur le groupe de jeunes spermides le plus voisin; ces éléments réagissent alors, sous l'influence de cette excitation, en présentant les phénomènes que nous avons décrits plus haut : déshydratation, changement de chimisme, allongement et déplacement des spermides vers la source de leur excitant.

Les phénomènes d'orientation des spermies par rapport aux cellules de Sertoli, que nous venons de décrire, sont si frappants que, là encore, nous les avons vus représentés inconsciemment par nombre d'auteurs, aussi bien chez les invertébrés que chez les

1. Comme nous l'avons déjà dit en 1902 (p. 150) la présence des produits de sécrétion liquide s'écoulant de la cellule de Sertoli vers les faisceaux de spermies peut être mise en évidence, ou du moins fortement soupçonnée, par la coloration au bleu de Unna et par la méthode de Golgi, techniques qui, comme l'on sait, permettent de mettre en évidence les élaborations et les différenciations protoplasmiques, ainsi que certains produits de sécrétion proprement dits.

vertébrés. La revue de ces travaux serait longue et fastidieuse; nous nous contenterons donc de rapporter ici et de décrire une figure de Görich (1903) comme se rapportant à un type des plus éloignés des Mammifères, à un Cœlentéré, *Tubularia indivisa* (L.) et comme venant bien montrer l'insuffisance des théories mécaniques des auteurs, en particulier de celles de Tellyesnicky et de Regaud[1]. Chez les Tubulaires, le testicule est limité, vers la subombrelle, par une couche cellulaire plate. En quelques points, des cellules de cette courbe grossissent de manière à faire une saillie de plus en plus grande en dedans du testicule; en même temps leur noyau se tourne de 90° pour se placer perpendiculairement à la surface limite.

Les spermies, qui se sont formées d'autre part, sont d'abord disséminées de façon irrégulière entre les sommets de ces grosses cellules, puis on les voit se grouper tout autour, dirigeant toutes leurs têtes vers la cellule (fig. 7) ensuite se coller à sa surface (fig. 8) et finalement s'introduire dans son corps cellulaire pour venir se grouper autour du noyau central (fig. 9). Görich, il est vrai, explique ces aspects en disant que c'est le sommet de la cellule qui, s'étendant entre les spermies, va les ramasser pour ainsi dire, de manière à les grouper en une sorte de buisson. Mais il suffit de regarder la figure 7, pour voir que les spermies se sont orientées vers la cellule avant d'être à son contact, comme cela se fait également pour les spermies des vertébrés étudiés plus haut. Du reste la technique suivie par Görich ne lui permettait pas de déceler la présence de produits de sécrétion; pourtant la nature glandulaire de cette cellule paraît nettement démontrée par la désintégration finale de son noyau que l'auteur signale.

Quant au rôle nourricier des spermies que Görich fait jouer à cette cellule, nous ne trouvons encore là que la répétition pure et simple d'une théorie anciennement émise sans aucune preuve positive et que nous avons combattue ailleurs (1902, *a*, p. 155). Ici, en particulier, Görich aurait pu être mis en garde par ce fait que les spermies atteignent leur prétendue cellule nourricière seulement lorsqu'elles ont terminé leur longue évolution, autrement dit quand elles sont entrées dans cet état de vie latente bien connu pendant

1. Nous aurions tout aussi bien pu prendre les figures de W. M. Aders (1903) qui représentent, chez l'Hydre verte, les mêmes phénomènes d'attraction des spermies par une cellule pariétale.

lequel la présence d'une élaboration nutritive particulière paraît bien inutile pour eux.

Quoiqu'il en soit, ce rapprochement des phénomènes spermiogénétiques que nous venons de faire chez les Cœlentérés et chez les Vertébrés, nous permet de penser que la chimiotaxie positive,

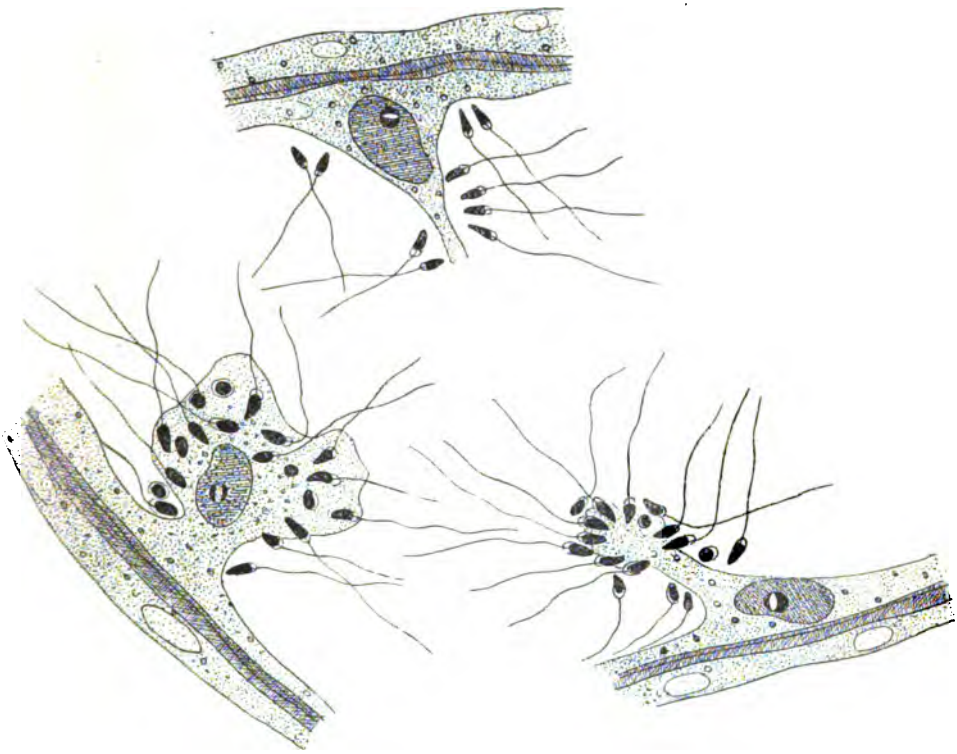


Fig. 7, 8 et 9, d'après Görich. — Trois stades de la fasciculation des spermies chez une Tubulaire.

exercée par les sécrétions chimiques testiculaires sur les spermies en évolution, est un phénomène général.

V. Expériences sur la sensibilité tactique des spermies de Cobaye et de Tortue. — Il est probable cependant que des phénomènes de taxies, autres que ceux de chimiotaxie, doivent intervenir également et à des degrés divers, dans la fasciculation des spermies; c'est ce que nous avons déjà avancé en 1902 (p. 163) et c'est ce que nous allons montrer expérimentalement ici[1].

1. Les résultats de ces expériences ont été communiqués l'année dernière à l'*Asso-*

Il est tout d'abord une observation que tout spermatologiste a pu faire. Lorsque les spermides se sont allongés et qu'ils se dirigent vers la cellule de Sertoli correspondante, on les voit s'accoler à la surface des spermatocytes et se déformer sur ces cellules. Ces phénomènes apparaissent encore plus nets dans la déformation des faisceaux de spermies eux-mêmes. Il semble donc bien que des phénomènes de thigmotaxie, c'est-à-dire d'influence de contacts, viennent non seulement maintenir les spermies pressées les unes contre les autres, mais encore contribuer à leur allongement et à leur aplatissement. Voici en effet l'exposé de quelques expériences qui montrent, de la façon la plus évidente, combien les spermies même mûres, placées dans certaines conditions, sont sensibles à l'attraction déterminée par leur contact réciproque et peut-être aussi par d'autres phénomènes physiques.

Si on délaie du sperme frais de Cobaye dans de l'eau salée à 10 p. 100, portée à une température de 30 à 35°, on voit d'abord que les spermies nagent isolément, se rencontrant et se quittant avec facilité. Mais, si on attend quelque temps, on voit ces éléments se grouper tête contre tête, ou bien s'accoler par leurs surfaces planes de manière à former comme de petites piles de pièces de monnaie (fig. VI, pl. XIII).

Le phénomène est encore beaucoup plus frappant avec les spermies de Tortue qui peuvent vivre dix heures, au moins, dans un pareil sérum. En effet, si au bout de trois ou quatre heures seulement, on examine, au microscope, une goutte de sérum spermatisé, laissé à l'air libre (fig. VII, pl. XIII), on remarque que presque toutes les spermies se sont groupées en masses sphériques, portant toutes leurs têtes au centre et présentant leurs queues à la périphérie où elles battent l'eau activement; l'ensemble donne tout à fait l'aspect des morulas spermatiques de certains invertébrés. Par contre les spermies sont restées parfaitement indifférentes vis-à-vis des hématies que nous avions placées dans les mêmes préparations.

Dans ces expériences, les phénomènes d'attraction des spermies entre elles (*adelphotaxie* de Marcus Hartog) ne se produisent qu'au bout d'un certain temps, alors que l'évaporation a amené un certain degré de concentration salée des sérums spermatisés. Cette concentration a produit nécessairement une légère déshydratation des

ciation internationale des Anatomistes (Genève, 1905) et à l'*Association française pour l'avancement des sciences* (Cherbourg, 1905).

spermies et sans doute aussi la production, par ces éléments, de substances agglutinantes que l'on peut distinguer du reste en examinant très attentivement les préparations.

Ce sont peut-être là des phénomènes *pre mortem*, bien que les spermies de tortues puissent encore montrer des mouvements actifs pendant six à sept heures, après s'être groupés comme nous l'avons dit. Mais il est possible aussi que des agglutinines semblables se produisent dans l'intérieur du testicule, étant donnés les phénomènes de déshydratation que nous y avons observés. Il est à remarquer en effet, que chez l'animal vivant, les faisceaux de spermies ne se désagrègent pas lorsqu'ils sont rejetés dans la lumière des canalicules; cette désagrégation se fait seulement plus tard, lorsque les faisceaux ont rencontré des conditions rehydratantes, telles que les sécrétions des conduits génitaux ou simplement des milieux aquatiques.

Dans tous les cas, nos expériences tendent à montrer que les différences de pression osmotique doivent jouer un rôle important dans la fasciculation et dans la forme des spermies. Et c'est encore ce que l'expérimentation a nettement révélé entre les mains de Koltzoff (1906, p. 434). Cet auteur a vu, en effet, que la forme si bizarre des spermies des Crustacés Décapodes dépend des différences isotoniques entre les solutions colloïdales qui constituent les têtes des spermies d'une part, et les solutions des milieux ambiants, d'autre part.

Sans doute d'autres facteurs peuvent et doivent intervenir encore dans la fasciculation et dans la forme définitive des spermies. Ainsi l'activité élaboratrice, particulièrement grande, des cellules de Sertoli peut amener des excitations thermiques ou électriques; l'écoulement d'une partie des sécrétions sertoliennes, dans la lumière des canalicules, peut produire des phénomènes de rhéotaxie vis-à-vis des spermies; enfin, il est évident que les pressions latérales produites par la croissance et la multiplication des éléments voisins appartenant à une autre lignée séminale, peuvent venir encore agir sur un faisceau considéré pour tasser davantage ses éléments les uns contre les autres. Mais il n'en reste pas moins évident, pour nous, que le point de départ de la fasciculation des spermies doit se trouver dans des actions chimiotactiques, déterminées par l'activité glandulaire des cellules de Sertoli ou des éléments élaborateurs semblables.

VI. En Résumé, de l'ensemble de ces nouvelles recherches qui ont porté sur des types de Mammifères, d'Oiseaux, de Reptiles et de Batraciens l'on peut et doit tirer les conclusions suivantes :

1° Au début de la transformation des spermides, on voit, dans chaque élément, une sphère archoplasmique et des centrosomes (?) venir se placer sur le noyau, à deux extrémités opposées.

2° Le noyau des spermides, coiffé de la sphère et des centrosomes, forme alors un ensemble à symétrie bilatérale. Mais si l'on considère tout le groupe des spermides, on remarque que la situation de ces noyaux, par rapport à la paroi correspondante du canalicule séminifère, ne présente aucune constance.

3° A un certain moment de l'évolution des spermides, tous les noyaux se meuvent, dans le corps cellulaire, de manière à s'orienter tous de la même façon, par rapport à la paroi du canalicule.

Ces trois ordres de phénomènes n'avaient été vus avant nous, dans leur succession, par aucun autre observateur, mais ils avaient été figurés inconsciemment par quelques-uns. Leur constatation suffirait à elle seule pour s'opposer aux théories mécaniques données par les auteurs. Ils ne peuvent résulter, en effet, ni de simples pressions latérales, ni d'un effort de traction exercé sur le corps cellulaire des spermies par le milieu correspondant. Seuls, des tactismes, c'est-à-dire des influences à distance, peuvent les expliquer.

4° En même temps que les noyaux s'orientent comme nous venons de le dire, le corps cellulaire s'allonge vers la paroi correspondante du canalicule séminifère. Les noyaux viennent alors se placer à l'extrémité la plus rapprochée de la paroi du canalicule.

Ce dernier fait montre que la force qui attire les spermides vers la paroi du canalicule n'est pas la contractilité du protoplasma sertolien, car dans ce cas, les noyaux étant mobiles et ne se trouvant pas touchés directement par ce protoplasma, iraient se placer mécaniquement, à l'extrémité précisément opposée à celle où ils se placent.

Nous avions déjà signalé, du reste, que les mouvements des spermides débutent chez le Moineau avant que le protoplasma sertolien ne soit arrivé à leur contact; il en est de même chez l'Écureuil (pl. XII), chez le Gecko (fig. 5) et chez la Tubulaire (fig. 7).

5° Le moment où apparaissent ces phénomènes coïncide ou semble même déterminé par des changements plus ou moins pro-

fonds dans les états physique et chimique du noyau. Les changements physiques paraissent consister surtout en une déshydratation suivie d'une concentration de chromatine. Les changements chimiques se manifestent par l'affinité nouvelle que prend cette chromatine pour certains colorants.

6° La cause qui préside aux mouvements d'orientation des spermides, à leur allongement dans un sens donné et à leurs modifications physico-chimiques réside dans l'activité élaboratrice de certaines cellules glandulaires, situées dans la couche pariétale de l'épithélium séminifère et en particulier dans celle des cellules dites de Sertoli.

7° Voici comment il faut comprendre les relations qui s'établissent, à un certain moment, entre les spermides et les cellules de Sertoli. Périodiquement, ces dernières cellules élaborent des produits de sécrétion qui s'écoulent par leur surface libre et vont agir nécessairement ainsi sur le groupe de jeunes spermides qui se trouve dans leur voisinage; celles-ci répondent alors à cette excitation en présentant les phénomènes que nous avons signalés plus haut : déshydratation, changement de chimisme, allongement et déplacement vers la source de l'excitant.

8° Aucun fait ne permet d'admettre que les spermides se déplacent ainsi pour aller se nourrir des productions sertoliennes. Tout semble montrer, au contraire, qu'il y a là de simples phénomènes chimiotactiques.

9° D'autres phénomènes de taxisme doivent intervenir également et à des degrés divers, dans la fasciculation des spermies. L'expérimentation nous a montré, en particulier, que les spermies de Cobayes et de Tortues, placées dans certaines conditions, s'attiraient et se groupaient énergiquement entre elles.

10° Enfin, la fasciculation des spermies doit être encore favorisée par la production de substances agglutinantes, se faisant sous l'influence de la déshydratation des spermies et, chez certains types, par les phénomènes mécaniques résultant de la croissance et de la multiplication des autres groupes de spermides voisins.

Cette dernière cause présentée comme seule suffisante par Tellyesnicky doit être considérée, au contraire, comme n'agissant que chez certains animaux et encore d'une façon tout à fait secondaire, vers la fin même du phénomène. Elle manque totalement, en effet, dans les cas de faisceaux dispersés, chez les Gastéropodes et

chez les Cœlentérés, par exemple. Et tout récemment Regaud (1906) vient montrer, par une expérience très intéressante, que les poussées latérales ne jouent réellement pas, dans la fasciculation des spermies du Rat le rôle que leur attribue Tellyesnicky.

Enfin, pour répondre encore à Tellyesnicky qui voit une objection aux tactismes dans ce fait que les têtes des spermies s'arrêtent toutes au même niveau, chez le Moineau par exemple, nous dirons : Toutes les spermies d'un même groupe, ayant le même âge, commencent à se transformer et terminent leur évolution au même moment; si elles s'arrêtent, dans leur marche vers le noyau sertolien, c'est parce que elles ne sont plus sensibles aux tactismes provoqués par la sécrétion sertolienne quand leur évolution est achevée, ou bien, parce que la poussée sécrétoire de la cellule de Sertoli est elle-même terminée.

Bibliographie.

ADERS. W. M. (1903). — Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese bei den Cölenteraten. *Zeits. f. wiss. Zoolog.* 1903, p. 74, p. 81-108, avec 2 pl. et 8 fig.

BENDA. C. (1887). — Untersuchungen über den Bau des funktionirenden samenkanälchens einiger Säugethiere und Folgerungen, für die Spermatogenese dieser Wirbelthierklasse. *Arch. f. mikr. Anat.* 1887. XXX. 49-110 avec 3 pl.

BROMAN. I (1901). — Ueber gesetzmässige Bewegungs-und Wachstumserscheinungen (Taxis-und Tropismenformen) der Spermatiden... *Arch. f. mikr. Anat.* 1902, LIX, p. 106-143, avec 1 pl. et 59 fig.

BIONDI D. (1885). — Die Entwicklung der spermatizoiden. *Arch. f. mikr. Anat.* 1885, t. XXV, p. 594-620, avec 2 pl.

BUGNION E. et POPOFF M. (1904). — La spermatogénèse du Lombric (*L. agricola*). *C. R. du 6e Congrès intern. de Zoologie*, Berne en 1904.

— 1905, 410-420, avec 5 pl. et *Arch. Zool. exp.* 1905, III, p. 339-389, 4 pl.

CLAPARÈDE E. (1861). — Etudes anatomiques sur les Annélides. *Mém. soc. de phys. Genève*, 1861, XVI.

EBNER V. (VON). (1871). — Untersuchungen ü. d. Bau der samenkanalichen. *Rollets Untersuchungen a. d. Institut f. Hist. u. Phys. in Graz*, 1871.

GÖRICH Wilhem (1903). — Zur Kenntnis der spermatogenese bei den Poriferen und Cœlenteraten. *Zoolog. Anz.* 9 nov. 1903, t. XXVII (1904), p. 64-70, avec 3 fig.

JENSEN O.-S. (1883). — Recherches sur la spermatogénèse. *Arch. de Biolog.* 1883, IV.

KOLTZOFF N.-K. (1906). — Studien über die Gestalt der Zelle. I. Untersuchungen über die Spermien der Decapoden, als Einleitung in das Problem der Zellengestalt. *Arch. f. mikr. anat.* 1906, t. LXVII, p. 364-572, avec 5 pl. et 37 fig.

KOROTNEFF A. (1888). — Beiträge zur Spermatologie. *Arch. f. mikr. Anat.* 1888. XXXI, 334-342, 1 pl.

LENHOSSEK V. — Untersuchungen über Spermatogenèse, *Arch. f. mikr. Anat.* 1898. t. LI, p. 215-318, avec 3 pl. (voir p. 232, en note).

LOISEL G. (1901). — Origine et rôle de la cellule de Sertoli dans la spermatogénèse. *C. R. Soc. Biologie*, 16 nov. 1901, p. 974-977.

— (1902) (*a*). — Etudes sur la spermatogénèse chez le Moineau domestique. *Journ. Anat. et Physiol.* 1902, p. 112-177, 4 pl. et 10 fig.

Loisel G. (1902) (*b*). — Formation et fonctionnement de l'épithélium séminifère chez le Moineau. *Bibliogr. Anat.* 1902, X, p. 70-82, avec 6 fig.

— (1905). — La fasciculation des spermatozoïdes dans le Testicule (nouvelles recherches). *C. R. Assoc. intern. des Anatom.*, session de Genève, 1905.

Mollé (van J). (1906). — La spermiogénèse dans l'Ecureuil, *La Cellule*, 1906, XXIII, 52 p. et 2 pl.

Monticelli F.-S. (1892). — Richerche sulla spermatogenesi nei Trematodi. *Intern. Monatsc. f. Anat. u. Phys.* 1892, IX.

Mosselman G. et Rubay P. (1902). — Cryptorchidie et Spermatogénèse chez le Cheval. *Ann. de méd. vétérin.* Bruxelles: nos 1 à 5, avec 14 fig.

Regaud Cl. (1901). — Etudes sur la structure des tubes séminifères et sur la spermatogénèse chez les mammifères (suite). *Arch. d'Anat. micr.* 1901, t. IV, p. 231-380.

— (1902) (*a*). — Observations sur les phénomènes de secrétion de l'épithélium séminal. *Bibliogr. Anat.* 1902, X, 119-213.

— (1902) (*b*). — Sur les phénomènes de sécrétion de l'épithélium séminal. *Bibliogr. Anat.* 1902, XI, p. 294-315.

— Sur la fasciculation des spermies en voie de développement et la rétraction de leurs faisceaux vers les noyaux de Sertoli. *C. R. Soc. Biolog.*, 1906, p. 431-433.

Roth A. 1904. — Zur Kenntnis der Bewegung der Spermien, *Arch. f. Anat. u. Phys.* (*Phys. Abth.*) 1904.

Tellyesnicky K. (1894). — Uber die sertolischen Zellen und Eberneschen Spermatoblasten. *Verhandl der Anatom. Gesellsch.* 1894.

— (1895-97). — Uber den Bau des Eidechsendohens. Uber die Wandschicht und über die Ebnerschen Spermatoblasten. *Math. Naturwiss, Berichte aus Ungarn.* (Ungarisch 1895-Deutsch, 1897.)

— (1906). — Die Erklärung einer histologischen Taüschung, der sagenannten Kopulation der Spermien und der Sertolischen Elemente. *Arch. f. mikr. Anat.* 1906, t. LXVIII, p. 540-572 et 1 pl.

Voigt (1885). — Ueber Ei u. Samenbildung bei Branchiobdella, *Arb. Zool. Zoot. Inst. Würzburg*, 1885, VII.

Explication des planches.

Planche XII.

Fig. 1. — Épithélium séminifère d'un Écureuil tué le 13 août 1904 (Testicules descendus dans les bourses). Alcool à 100°. Hématoxyline. — Eosine. — Ch. Claire : Leitz. oc. 2; mm. 1/16.

Groupe de spermides non orientés; au-dessous, deux spermiocytes; à la base, contre la paroi, rangée de cellules germinatives dont une cellule de Sertoli.

Fig. 2. — Id. — Orientation des spermides terminée; leurs noyaux s'allongent dans le sens de l'orientation.

Fig. 3. — Id. — Début de la fasciculation des spermies dont la transformation est encore plus avancée.

Fig. 4 et 5. — Épithélium séminifère d'un Hérisson tué le 27 mai 1899. Testicule dans liquide de Flemming fort pendant 16 heures. Baume. Groupes de spermies en fasciculation très avancée.

PLANCHE XIII.

Fig. 6. — Spermies adultes de Cobaye se groupant en faisceaux dans de l'eau salée chaude, au centième. — Dessiccation rapide, lavage, hémato-éosine, baume. — Leitz. ch. cl., obj. 7, tube à 16, papier sur table.

Fig. 7. — Spermies adultes de Tortue mauritanique se groupant en masses sphériques dans de l'eau salée au centième. — Dessiccation rapide, lavage, fuschine. Leitz. ch. cl., obj. 7, tube à 16, papier sur table.

E. BUGNION et M. POPOFF viennent de publier un nouveau mémoire : La signification des faisceaux spermatiques (*Bibliogr. anat.* XVI, 1906, p. 19-66, avec 38 fig.) dont nous n'avons eu connaissance qu'après l'impression de notre travail.

Ces auteurs touchent incidemment (p. 43) la question de l'influence chimiotactique des cellules de Sertoli, sur les spermies; mais ils le font en ne rappelant que les explications purement théoriques de Grobben qui sont loin d'être les nôtres. Comprennent-ils bien, du reste, les phénomènes de chimiotactisme quand ils écrivent : « La migration des têtes (de spermies) du côté du noyau ne prouve nullement que la cellule nourricière puisse former le faisceau spermatique par ses seules forces, grâce à son pouvoir chimiotaxique, en choisissant au hasard dans plusieurs lignées ».

Les cellules de Sertoli ne forment les faisceaux de spermies ni par leur seul force, ni par une sorte de choix. Elles émettent simplement des substances chimiques, par ce seul fait qu'elles sont des cellules élaboratrices; si elles attirent à elles les groupes de spermies qui sont dans leur voisinage immédiat, ce n'est pas *pour le but* providentiel de grouper les spermies en faisceaux, mais parce que ces derniers éléments, à certains moments de leur vie cellulaire, sont sensibles aux sécrétions sertoliennes. Répétons, encore que la fasciculation des spermies dépend, non seulement de l'activité sécrétante des cellules de Sertoli, mais encore de la sensibilité particulière que présentent les spermies pour les substances chimiques. Ces éléments sont attirés ici par une cellule de Sertoli, comme ils le seront, plus tard, par un ovule, quand ils se trouveront placés dans le voisinage de cet ovule.

DES HÉMATIES DES MAMMIFÈRES,

DE LEUR DÉVELOPPEMENT ET DE LEUR VALEUR CELLULAIRE[1]

Par Éd. RETTERER

Chef des travaux pratiques d'histologie à la Faculté de médecine de Paris.

(VOIR PLANCHE VIII).

Dès qu'on appliqua les verres grossissants à l'examen des tissus et des humeurs, on découvrit dans le sang des corpuscules de teinte rouge, *globules rouges* ou *hématies*[2]. On leur attribua d'abord la forme de vésicules; plus tard, on les considéra comme des disques; dans ces derniers temps, on les décrivit comme des cloches ou des sphères. Si la forme des hématies semble difficile à déterminer, la structure et la nature de ces éléments ont donné lieu à des opinions bien plus variées encore : pour les uns, ils représentent des particules organiques qui prennent naissance à la façon des filaments de fibrine et qui sont capables d'une évolution ultérieure; d'autres les regardent comme des produits cellulaires analogues aux grains de chlorophylle ou d'amidon dans les cellules

1. Les dessins qui se rapportent au présent mémoire ont paru déjà dans le numéro de septembre-octobre 1906 (pl. VIII). La publication de plusieurs mémoires, dont le manuscrit a été remis, avant le mien, au Journal, a retardé l'apparition du texte du présent travail.

2. L'histoire du mot « hématie » qu'on emploie en France pour désigner le globule rouge du sang est des plus curieuses. En 1812, Gruithuisen (voir p. 595), vit les globules rouges s'agiter dans une goutte d'eau; il comparait leurs mouvements à ceux des fourmis qu'on irrite (wie die aufgereizten *Ameisen* sehr schnell unter sich bewegten). Ch. Robin (voir p. 598) attribua à Gruithuisen la création du mot « hématie ». Je n'ai pas trouvé ce mot dans le travail de Gruithuisen. La formation du mot « hématie » me semble due à une méprise que je m'explique de la façon suivante : mon maître Ch. Robin lisait fort mal ou point du tout l'allemand; il a dû prendre le mot *Ameisen* pour un terme dérivé du grec αἷμα; d'où le nom d'hématie adopté par Robin. Pareilles erreurs ne sont pas rares. Voici une coquille amusante que raconte Max Schultze (*Archiv f. mikros. Anatomie*, t. I, p. 9, en note) : Die farblosen Blutkörperchen Kriechen, avait écrit M. Schultze, wie *Amoeben* zwischen den rothen umher ». Au lieu d'*amibes*, le prote mit *Ameisen*, de sorte que Max Schultze aurait vu, dans la préparation, les leucocytes s'agiter et se mouvoir comme des fourmis qu'on irrite.

suffit pas de saigner un animal et de voir apparaître des formes jeunes d'hématies; il est nécessaire de s'adresser à un organe donné, d'étudier les variations de structure que subissent les cellules encore réunies en tissu et de suivre pas à pas la mise en liberté des cellules et leur transformation en hématies. De plus, pour juger de la valeur cellulaire des différentes hématies, il faut apporter des troubles ou des variations à l'état général de l'animal et comparer les résultats à ceux qu'on obtient chez un animal en bonne santé.

Tels sont les principes que j'ai essayé de suivre dans mes études sur le sang.

Voici l'ordre que j'adopterai pour exposer les résultats de mes recherches.

1re partie. — *Forme et constitution des hématies des mammifères.*

1. Technique.

2. Exposé des faits.

3. Dimensions des hématies.

4. Forme des hématies. Historique.

5. Constitution et structure de l'hématie des mammifères. Historique.

6. Réunion en piles. Historique.

7. Plaquettes du sang et phénomènes morphologiques de la coagulation du sang.

2e partie. — *Développement des hématies et leur valeur cellulaire.*

8. Ligature des vaisseaux lymphatiques.

9. Lymphe rouge.

10. Origine et mode de formation des hématies contenues dans la lymphe.

11. Développement des hématies et leur valeur cellulaire. Historique.

12. Transformation d'un ganglion lymphatique ordinaire en glande hémo-lymphatique et vice versa.

13. Glandes hémo-lymphatiques. Historique.

14. Durée et destruction des hématies.

15. Les éléments figurés du sang procèdent de ceux de la lymphe; le plasma provient des substances absorbées et des déchets organiques. — Rôle de la pression sanguine.

16. Conclusions générales.

PREMIÈRE PARTIE

FORME ET STRUCTURE DES HÉMATIES

I. — *a*. Technique usuelle.

Pour étudier la forme et la constitution des hématies, il est indispensable d'éviter les altérations mécaniques et chimiques de ces éléments. Pendant longtemps on se bornait à ajouter à la gouttelette de sang posée sur une lame de verre un peu d'eau ordinaire ou distillée et de recouvrir d'une lamelle avant de l'examiner. De cette façon, on produisait à la fois des modifications chimiques (gonflement) et des altérations mécaniques (déformation). Plus tard on préparait le sang de la façon suivante : on plaçait une gouttelette de sang sur une lame de verre employée comme porte-objet et on secouait fortement celle-ci, afin d'étendre le liquide en une couche aussi mince que possible et de le faire sécher très rapidement.

a) *Dessiccation lente.*

C. Schmid[1], par exemple, étalait le sang sur une lame et le séchait rapidement.

Jetées sur un corps solide, les hématies s'étalent, s'affaissent et se déforment; d'où modifications des dimensions et de la forme.

Welker[2] examinait et mesurait les hématies alors qu'elles étaient encore contenues dans leur plasma et recouvertes d'une lamelle qu'il bordait de baume de Canada pour empêcher l'évaporation (*loc. cit.*, p. 262). Le poids de la lamelle comprimait et déformait les hématies.

Martin Bethe[3] préparait le sang de la façon suivante : après avoir posé la lamelle couvre-objet sur la lame porte-objet, il laissa tomber une goutte de sang sur les bords des deux lames. Le sang s'infiltrait de lui-même entre les deux lames. La pénétration des

1. *Die Diagnostik verdächtlicher Flecke in Criminalfällen*, Leipzig, 1848.
2. Grösse, Zahl, Volum, Oberfläche und Farbe der Blutkörperchen bei Menschen und bei Thieren, *Zeitschrift f. rationnelle medicin*, 3e série, t. XX, p. 257, 1864.
3. Beiträge zur Kenntniss der Zahl-und Maasverhältnisse der rothen Blutkörperchen, *Morphol. Arbeiten de Schwalbe*, t. I, p. 207, 1892.

hématies entre deux lames, auxquelles elles adhèrent, a pour effet de les aplatir et de les déformer.

Pour étaler le sang en une couche mince et pour obtenir une bonne fixation par la chaleur, on procède, depuis Hayem et Ehrlich, de la façon suivante : on touche la gouttelette de sang obtenue par piqûre avec les bords de deux lamelles couvre-objet appliquées l'une sur l'autre ; dès que le sang a pénètré dans l'espace capillaire, on sépare les deux lamelles et on les soumet à une température de 106° avant de renverser la lamelle sur la lame porte-objet. D'autres étalent le sang en une couche mince en se servant d'une aiguille ou d'une baguette de verre qu'ils promènent horizontalement sur la lame qui supporte le sang. Ensuite ils passent la lame sur la lampe à alcool. De telles manipulations, que je ne crains pas de qualifier de grossières, conservent peut-être la structure du protoplasma, mais déforment manifestement l'hématie.

Pour éviter la compression, il est des histologistes qui interposent entre lame et lamelle, avant d'y faire pénétrer la goutte de sang, de minces objets (fibres musculaires, cheveux, paraffine, ciment). Mosso (*loc. cit.*, p. 12) a montré que les hématies maintenues dans un espace capillaire et en l'absence de toute compression, modifient leur forme et s'altèrent : le contact des hématies avec le verre suffit pour altérer ces éléments.

Les hématies sont, à mon avis, de petites masses de consistance gélatineuse, et, elles représentent des éléments éminemment altérables et vulnérables. Bien que les hématologistes soient tous d'accord sur ce point, ils emploient et préconisent des procédés d'une brutalité sans exemple : on fait des tartines de sang qu'on aplatit ou dessèche; puis on se fonde sur ce mode de préparation pour estimer la forme et les dimensions de ces éléments figurés.

Il n'est pas douteux que la chaleur est un des meilleurs fixateurs de l'hémoglobine et mérite d'être employée pour contrôler les résultats d'autres méthodes; mais gardons-nous d'y avoir recours pour déterminer la forme des éléments. A quoi peuvent servir les précautions les plus minutieuses que recommandent les hématologistes, quand ils commencent par déformer les éléments avant de les fixer? Le sang obtenu par piqûre ne doit pas être étalé sur lame avant d'être fixé; si nous ponctionnons les vaisseaux et prélevons le sang à l'aide d'une pipette pour le porter dans le liquide

fixateur, nous lésons et déformons les hématies et nous ne fixons plus que des formes altérées.

b) *Examen du sang dans les liquides indifférents et les fixateurs.*

Comme Hermann Franz Müller[1] le fait remarquer avec raison, on ne peut faire fond sur les résultats annoncés par les auteurs quand leur méthode d'examen est défectueuse.

Le sang se conserve-t-il plus ou moins longtemps dans certains liquides, dits *indifférents* ou *conservateurs* ?

Max Schultze employait le liquide amniotique additionné d'iode.

Rindfleisch et Boettcher préféraient l'humeur aqueuse ou la lymphe. Arnold se servait d'une solution de 0,6 p. 100 de NaCl et colorait au vert de méthyle. Brandt étudiait le sang humain dans le blanc d'œuf frais.

Il en est qui ont conseillé d'employer certains médiums gras, pour y conserver le sang et étudier la forme réelle des hématies.

Löwit (*Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmakol*, t. XXVIII, p. 188, 1888) préconisait un mélange d'huile de ricin et d'huile de foie de morue.

Plehn (*Aetiologie und Klinische Malarienstudien*, Berlin, 1890) préférait l'huile de paraffine dans laquelle les hématies conserveraient leur forme normale pendant deux ou trois jours.

Freund, puis Triolo employèrent l'huile de vaseline.

D'autres donnent la préférence à l'huile d'olive pure.

J'ai expérimenté avec l'huile de vaseline, l'huile de paraffine, ainsi qu'avec celle d'olive. J'ai laissé tomber le sang du vaisseau ouvert dans l'une ou l'autre de ces huiles. En imprimant quelques secousses au verre de montre qui contient l'huile et les quelques gouttes de sang, on peut facilement mélanger le sang à l'huile. A l'aide d'une pipette, on porte ensuite le sang et l'huile sur la lame pour l'étudier au microscope. Les hématies s'altèrent rapidement dans l'une et l'autre huiles; au bout de peu de temps déjà, il y en a beaucoup qui ont pris une forme étirée, d'autres sont devenues polyèdriques, anguleuses ou épineuses. En un mot, les médiums gras déforment et altèrent très vite les hématies; de plus, ces éléments s'y décolorent, de sorte qu'il n'y a que désavantage à recourir à ces médiums pour l'étude de leur forme. Quant à vouloir s'en servir pour connaître la structure des hématies, ce serait du temps perdu.

1. Die Methoden der Blutuntersuchung, *Centralblatt f. allgen. Pathologie u. pathol. Anat.*, t. III, p. 193 et 240, 1892. Je renvoie à ce travail pour l'index bibliographique.

De bonne heure, on songea à fixer et à colorer les éléments du sang comme on fait des tissus en général.

L'acide osmique a été introduit en hématologie par Max Schultze et passe pour l'un des meilleurs fixateurs du sang (Voir p. 575 les méfaits qu'on lui impute).

Le bichlorure de mercure constitue l'élément essentiel des liquides de Pacini et de Hayem.

Mosso (*loc. cit.*, p. 12) démontre que la solution de bichlorure de mercure, telle que l'employait Pacini (2e formule, bichlorure de mercure 1 gramme, chlorure de sodium 2 grammes, eau distillée 200 grammes) conserve le mieux la forme des globules rouges du sang de poisson. Les hématies, il est vrai, s'y décolorent et le sérum du sang se coagule.

Löwit employait le chlorure de platine qui fixe bien, mais laisse sortir l'hémoglobine des hématies.

On a eu recours aux coupes pour étudier le sang.

Biondi fixe le sang dans l'acide osmique où il se forme un dépôt; après une ou vingt-quatre heures, il transporte avec une pipette le sang sur l'agar; il fait les coupes dans l'agar ou la paraffine.

Sprong obtient le sang par piqûres et le fixe dans le liquide de Flemming. Après lavage et déshydratation, il l'enrobe dans la celloïdine.

Pour étudier la thrombose, Eberth et Schimmelbusch [1] excisent les vaisseaux sanguins après ligature et les portent dans l'alcool.

Deetjen (*Archives de Virchow*, t. LXIV, 1901) fait bouillir de l'agar dans l'eau et cette solution filtrée et additionnée de métaphosphate de soude et biphosphate de potasse est étendue, puis séchée sur la lame porte-objet. Avant d'y mettre la lamelle où est déposée la goutte de sang, il chauffe à 40° la lame couverte d'agar. Pour fixer ensuite les éléments du sang, il fait couler entre lame et lamelle du liquide de Flemming ou de l'acide osmique.

Deckhuyzen [2] reçoit le sang dans une solution isotonique de sel marin 0,90 à 0,95 p. 100 et prend le sang de la solution avec une pipette.

Deckhuyzen conseille de plus l'emploi de l'osmacet 3/1 ou 9/1 (3 ou 9 parties d'acide osmique à 2 p. 100 et une partie d'acide acétique à 6 p. 100 contenant 1/8 p. 100 de bleu de méthylène). On colore

1. *Virchow's Archiv*, t. CIII et CV, 1886.
2. *Anatomischer Anzeiger*, t. XIX, 1901.

ensuite, avec l'hématoxyline ou l'hématoxyline au fer et les couleurs d'aniline.

Ces divers procédés ne sont pas courants; car, pour les classiques, la *technique de la coloration du sang a pour base la dessiccation préalable du sang.*

Avant d'exposer le procédé de fixation de Weidenreich, il convient de dire un mot de l'action de l'acide osmique sur les hématies. Selon les uns, l'acide osmique fixerait les hématies, comme les autres éléments, dans leur forme; pour les autres, l'acide osmique gonflerait ou ratatinerait les hématies.

Weidenreich (*Voir l'historique*, p. 599 et 604) a comparé *le diamètre* des hématies fixées par l'acide osmique à celui des hématies préparées par voie sèche. Constamment les hématies fixées par l'acide osmique présentent une *diminution* de diamètre.

Ce fait exprimerait pour Weidenreich une diminution de volume; Jolly (*Folia haematologica*, t. III, p. 184), au contraire, y voit les indices d'une augmentation de volume.

Il s'agit de raisonner pour s'entendre : les classiques prennent comme étalon le plus grand diamètre des hématies quand celles-ci sont fixées par dessiccation ou écrasées entre lame et lamelle. Ce sont là des formes altérées : ni les solutions de sel marin, ni les fixateurs, tels que l'acide osmique, les solutions de sublimé, ou les mélanges de sublimé et de chlorure de platine ne montrent des hématies aussi longues; la masse d'un corps dépend de ses trois diamètres, et, pour apprécier celle des hématies, les auteurs n'en considèrent qu'un seul. Or, le procédé de préparation qu'ils emploient a toujours pour effet d'aplatir l'hématie et d'allonger l'un des diamètres. C'est ce dernier qui serait, à leurs yeux, le diamètre *normal*.

F. Weidenreich [1] a essayé de fixer les éléments du sang avant de les dessécher, pendant qu'ils sont fixés ou avant que ceux-ci soient étalés. Il craint, d'autre part, de recevoir le sang dans le fixateur.

Voici le procédé qu'il préconise : il met 5 centimètres cubes d'acide osmique additionné de 10 gouttes d'acide acétique dans une petite cuvette et y place les lames porte-objet bien nettoyées. Il recouvre d'une cloche et les y laisse 2 minutes au moins. On fait une piqûre au doigt, on fait glisser la lame de verre (face exposée aux vapeurs osmiques) sur la petite goutte de sang et l'on reporte

1. Eine neue einfache Methode zur Darstellung von Blutlrockenpräparaten, *Folia haematologica*, 3e année, 1906, p. 1.

la lame dans la cuvette pour l'exposer de nouveau aux vapeurs d'acide osmique, comme dans une chambre humide. Après dessiccation, on passe la lame deux ou trois fois sur une flamme, pour l'arroser, pendant une minute, d'une solution de permanganate de potasse et la laver finalement à l'eau distillée.

On peut colorer ensuite de diverses façons.

Sur ces préparations, les hématies sont biconcaves et cupuliformes. On en voit qui commencent à se mettre en pile. Lorsque la goutte de sang est exposée à l'air avant d'être étalée, les formes biconcaves sont plus nombreuses que les hématies cupuliformes.

L'acide osmique gonflerait les hématies d'après certains auteurs. Weidenreich prouve que non.

Il met une goutte d'acide osmique sur le doigt et fait la piqûre du doigt sous l'acide osmique. Les hématies pénètrent dans l'acide osmique à mesure qu'elles sortent des vaisseaux ouverts. Dans le sang ainsi fixé, les hématies sont cupuliformes. C'est là leur forme naturelle et non le résultat du gonflement. Pour s'en convaincre, il suffit de faire une préparation de sang d'après la méthode classique : alors toutes les hématies restent biconcaves même si on y ajoute une goutte d'acide osmique. Au lieu de gonfler, l'acide osmique rapetisse plutôt les hématies, ce dont on s'assure, dit l'auteur, par la mensuration des hématies examinées dans leur plasma, d'une part, ou fixées de l'autre, par l'acide osmique.

Les expériences et les mensurations que j'ai faites après l'emploi de l'acide osmique, comparé aux autres fixateurs, m'ont prouvé que l'acide osmique fixe les hématies dans leur forme et en conservent les dimensions réelles, sans les gonfler ni les ratatiner. Voici un résumé de mes constatations sur le sang du cobage et du chat. Pour le fixer, j'ai fait tomber le sang du vaisseau directement dans une solution d'acide osmique à 1 p. 100; d'autre part, j'y ai plongé pendant vingt-quatre heures un fin vaisseau ligaturé aux deux bouts. Les hématies du cobaye fixées par l'acide osmique sont les unes sphériques 3, 4 ou 5 μ); d'autres hémisphériques, longues de 5 μ 5 à 6 μ et larges de 2 μ 3 à 4 μ; d'autres encore sont lenticulaires ou discoïdes et présentent un grand diamètre de 6 à 7 μ sur 2 à 3 μ de large. La portion hémoglobique paraît sombre, tandis que le ménisque anhémoglobique a une teinte rosâtre et est limité par le contour sombre de l'ombilic hémoglobique. Les hématies du chat de *tout* âge, fixées pendant vingt-quatre heures dans l'acide osmique

à 1 p. 100, possèdent la même forme et les mêmes dimensions qu'au sortir du sublimé platinique. L'acide osmique ne gonfle, ne ratatine ni altère en aucune façon les hématies. Cette opinion erronée provient, je le répète, d'un point de départ et d'un raisonnement faux. On a considéré jusqu'aujourd'hui comme *normales* la forme et les dimensions des hématies préparées par les procédés habituels qui ont pour effet d'aplatir, d'allonger et de déformer ces éléments par pression mécanique. Pour éviter cette méprise, il faut, je ne saurais trop y insister, fixer les hématies *avant* de les mettre en contact avec un corps solide.

b. — Ma méthode d'examen des hématies.

Pour prévenir les altérations mécaniques, il faut recevoir le sang dans la solution ou le fixateur avant de le déposer sur la lame de verre. La plupart des hématologistes ne tiennent aucun compte des altérations produites par le contact, et, le plus souvent, ils tirent le sang des vaisseaux avec une seringue de Pravaz.

Fixation. — J'ai songé à combiner l'action du chlorure de platine préconisé déjà par Löwit pour l'étude du sang à celle du bichlorure de mercure dont les effets fixateurs sont bien connus.

Ce mélange dit de Rabl se compose : 1° d'*un* volume de chlorure de platine à 1 p. 100; 2° d'*un* volume de sublimé (solution saturée aqueuse); 3° d'*un* volume d'eau distillée. Il est très pénétrant, il fixe bien, durcit, et ensuite, après avoir été bien lavés à l'eau puis à l'alcool, les éléments sont faciles à colorer.

Pour effectuer la fixation des hématies, sans lésion mécanique, on peut procéder de deux façons différentes [1] :

A. — S'il s'agit d'un animal, on ouvre une veine ou l'on fait une incision assez large pour que le sang s'écoule et tombe dans le fixateur contenu dans un flacon ou un verre de montre. Chez l'homme, on fait à la pulpe du doigt une piqûre assez profonde pour que le sang sorte, non pas en bavant ou en suintant, mais par larges gouttes qui tombent d'elles-mêmes dans le fixateur. Dès que le sang touche le fixateur, il se coagule instantanément : il reste une pellicule à la surface de la solution; mais la plus grande partie gagne le fond, où il se forme un caillot qui adhère au vase. Au

1. Voir mes notes à la *Société de Biologie*, 16 juin, 7 et 21 juillet 1906.

bout de vingt-quatre ou quarante-huit heures, on détache el caillot, on le fixe avec une épingle sur un morceau de liège, on le passe à l'alcool, puis on l'inclut dans la paraffine pour le débiter en coupes, qu'on colle sur verre. Après avoir débarrassé les coupes de la paraffine, on les lave à l'eau courante pour les colorer ensuite. Au lieu de faire des coupes, on peut faire des frottis qu'on colle également à l'eau albumineuse.

B. — Sur l'animal vivant, on dénude une veine sous-cutanée ou abdominale (à parois minces). En deux points, distants de quelques centimètres, on passe un fil et, après ligature, on enlève le tronçon vasculaire qu'on plonge immédiatement dans le fixateur. Après un séjour de un ou deux jours, puis lavage à l'eau et à l'alcool, on fait des frottis ou des coupes, comme précédemment. Grâce à l'obligeance de M. Alglave, Tilloy et moi-même (*Soc. de Biologie*, 21 juillet 1906) nous avons eu également à notre disposition plusieurs tronçons de veine saphène interne d'un homme de quarante-neuf ans, excisés sur le vivant et fixés frais.

C. — Il n'existe pas de méthode qui permette d'étudier le sang vivant hors des vaisseaux. Le contact des hématies avec la lame de verre ou l'objectif à immersion déforme instantanément ces éléments. Sur l'animal vivant, l'examen des fines membranes (mésentère ou ailes de chauve-souris) entraîne des compressions et des déformations mécaniques. Il faut donc recourir à des liquides, tels que les sérums ou les solutions de sel physiologiques à divers degrés de concentration, sans perdre de vue qu'il n'existe pas de liquide conservateur ou indifférent pour les hématies. Ces liquides permettent d'éviter les lésions mécaniques et d'étudier pendant quelques minutes, à l'objectif à immersion à eau, les hématies sans altérations chimiques par trop considérables. Sur ce point, je suis d'accord avec Hamburger qui a étudié d'une façon approfondie les propriétés osmotiques des hématies : il avoue qu'il n'existe pas de solutions indifférentes; quelle que soit la proportion de la solution saline, elle modifie toujours plus ou moins les hématies. L'isotonie varie même selon l'espèce animale et l'âge de l'animal.

Le contact de l'air n'est pas indifférent non plus : le sang contenu dans une solution de NaCl à 0,9 p. 100 entre lame et lamelle montre des hématies bien conservées pendant plusieurs jours, alors que le même sang conservé dans la même solution, mais à l'air libre, présente des hématies crénelées ou épineuses.

II. — Exposé des faits[1].

a) *Fixation et Coloration.* — La figure V (Pl. VIII) représente un certain nombre d'hématies de Cobaye (veinule intestinale ligaturée et traitée suivant le procédé indiqué plus haut, mélange de Rabl, etc.)

Les hématies *a*, *b* et *c* sont vues de face : l'hématie *a* est teinte en violet foncé sur sa plus grande étendue, ses bords seuls montrent un liséré rouge. La face tournée vers l'observateur est donc constituée par une substance qui a partout de l'élection pour l'hématoxyline au fer, sauf le liséré périphérique qui se colore par le rouge Bordeaux. En comparant de telles hématies avec des préparations fixées par le liquide de Zenker ou par voie sèche, on s'assure que la portion violette est composée de protoplasma hémoglobique, et, la portion périphérique ou rouge de protoplasma peu ou point hémoglobique. Nous dirons donc que l'hématie *a* présente, sur l'une des faces, une masse centrale hémoglobique et un liséré anhémoglobique. Les hématies *b* et *c* de la figure V sont vues par la face opposée à celle que montre l'hématie (*a*). Outre le liséré anhémoglobique, on remarque, au centre, un point clair, teint en rouge.

Pour se rendre compte de la répartition de la substance hémoglobique, il est nécessaire d'examiner de champ les hématies fixées et colorées de la même façon. Les hématies *d*, *e* et *f* se présentent sous cet aspect : il est facile de voir que dans les formes *d* et *e*, la portion hémoglobique affecte la forme d'une nacelle ou d'une cloche. Le corps de la nacelle occupe les deux tiers de l'épaisseur de l'une des faces, tandis que les extrémités de la nacelle se recourbent vers l'autre face sans arriver au contact. En se recourbant l'une vers l'autre, les deux extrémités contiennent et embrassent une sorte de bouchon coloré en rouge. Cet épaississement ou ménisque anhémoglobique n'occupe pas l'intérieur même de l'hématie; il est excentrique et périphérique par rapport à la

1. Les principaux résultats ont été annoncés dans des notes préliminaires : 1° Retterer, De la forme des hématies des Mammifères et de leurs parties constituantes, *Soc. de Biologie*, 16 juin 1906, p. 1003; 2° Des hématies du chat et de leurs parties constituantes, *Ibid.*, 7 juillet 1906, p. 9; 3° Retterer et G. Tilloy, De la forme de la taille des hématies humaines et de leurs parties constituantes, *Ibid.*, 21 juillet 1906, p. 111.

nacelle hémoglobique. De plus, il se continue de toutes parts avec le liséré anhémoglobique ou pellicule corticale de l'hématie. La comparaison des diverses formes (*a*, *b*, *c*, *d* et *e*) vues, sous divers aspects, prouve que la pellicule corticale s'étend sur toute la surface de l'hématie; mais on ne la voit nettement que sur les bords et au niveau du ménisque anhémoglobique. L'hématie *f*, enfin, dont l'épaisseur n'atteint que la moitié de la longueur, ne possède qu'un mince liséré anhémoglobique, sans épaississement sur les faces qui sont légèrement excavées.

Si l'hématie *f* est du double environ plus longue que large, qu'elle approche de la forme discoïde, c'est, nous le verrons plus tard, qu'elle a perdu la plus grande partie de son protoplasma anhémoglobique. L'hématie *f* (le développement le prouve,) représente un élément *vieux* par rapport aux hématies *a*, *b*, *c*, *d* et *e* de la figure V. Les formes *a*, *b*, *c*, *d*, *e* se rapprochent plutôt de la sphère, de l'hémisphère ou de l'ellipse, tandis que la forme *f* représente un disque très épais. Au total, les hématies du Cobaye adulte sont des *solides* et non point des *surfaces*.

Les hématies du chien, du lapin et de l'homme possèdent des formes et une constitution identiques à celles du Cobaye. Je n'ai pas cru utile de faire reproduire des séries de dessins analogues à ceux de la figure V. Cependant on a représenté (fig. IV) la forme d'une hématie humaine (veine saphène interne du sujet de quarante-neuf ans) : cette hématie vue de champ rappelle l'hématie *f* du Cobaye; elle en diffère par la minceur de sa portion hémoglobique et l'épaisseur considérable de la portion anhémoglobique qui, sur chacune des faces, forme un ménisque à surface externe très convexe. En étudiant attentivement ces deux ménisques il semblerait que la substance anhémoglobique commence à se raréfier et à se résorber vers le centre de chacune des faces. C'est la résorption ou la fonte du protoplasma anhémoglobique qui me paraît déterminer la transformation des hématies sphériques, hémisphériques ou elliptiques en hématies lenticulaires ou discoïdes. La minceur de la portion hémoglobique semble indiquer de plus que le protosplasma hémoglobique perd, à un moment donné, l'hémoglobine pour dégénérer en une masse anhémoglobique.

Décrivons de suite la figure III qui représente deux hématies humaines de sang reçu dans une solution de sel marin à 0,40 p. 100 et examinées immédiatement à l'objectif à immersion à eau. La

portion hémoglobique est dessinée en sombre, tandis que le liséré anhémoglobique et l'épaississement anhémoglobique de l'une des faces sont figurées en clair. Il est évident que ces deux hématies humaines correspondent aux formes *d* et *e* du sang de Cobaye.

Lorsque les hématies sont fixées lentement dans l'intérieur du vaisseau grâce à l'épaisseur des parois qui rend la pénétration du fixateur fort difficile (veine saphène interne variqueuse), elles prennent une orientation spéciale : elles se disposent de telle façon que le grand axe des hématies reste parallèle au grand axe du vaisseau. De plus, la concavité de la portion hémoglobique de l'hématie regarde l'axe du vaisseau et le ménisque anhémoglobique de toutes les hématies est tourné de ce côté.

Cette orientation me semble déterminée par la pesanteur spécifique différente des portions hémoglobique et anhémoglobique : sous l'influence du repos et de la situation horizontale du vaisseau, les hématies qui flottent dans le plasma tendent à se placer de telle sorte que leur ménisque anhémoglobique en occupe le sommet ou point culminant. C'est dans cette position que le liquide fixateur atteint l'hématie et le fixe dans sa forme.

Lorsque le sang est sorti des vaisseaux, les hématies s'altèrent avant de se déposer. Dans ces conditions, elles ne se disposent pas en strates horizontaux, leur ménisque anhémoglobique tourné en haut. Leur portion anhémoglobique s'altère, devient visqueuse et s'agglutine à celles des hématies voisines. On croirait voir des godets empilés les uns dans les autres. C'est là un phénomène qui rentre dans le groupe de ceux qui déterminent la réunion en piles des hématies (voir p. 612).

b) *Examen du sang dans des solutions de chlorure de sodium de concentrations variées.* — Pour éviter tout contact du sang avec un corps solide, on fait une piqûre profonde au doigt, qu'on plonge dans des solutions de chlorure de sodium à 0,5, 0,6, 0,7 ou 0,9 p. 100. Le sang coule directement dans la solution et se dépose au fond du vase où on le recueille avec une pipette pour l'étudier de quart d'heure en quart d'heure. Afin de prévenir toute déformation de cause mécanique, on dépose le sang de la solution dans une excavation pratiquée sur la lame porte-objet. On l'examine avec l'objectif à immersion à eau sans le recouvrir d'une lamelle, ou bien, après l'avoir recouvert d'une lamelle, et lutée à la paraffine, on n'emploie qu'un grossissement moyen (objectif 7 de Stiassuie,

par exemple). J'ai fait l'examen du sang de cinq personnes de l'âge de vingt-six, quarante et cinquante ans.

Examinées de suite après que le sang a été reçu dans une solution de chlorure de sodium à 0,5 ou 0,6 p. 100, les hématies humaines sont sphériques, hémisphériques, elliptiques, ovalaires ou lenticulaires. Les formes des hématies sont plus variées dans les solutions de chlorure de sodium qu'après fixation par le sublimé platinique. Les sphériques ont 5 à 6 μ; les hémisphériques, les elliptiques ou les ovalaires ont un grand diamètre de 7 à 9 μ et un petit diamètre de 3 à 4 μ. Les lenticulaires peuvent atteindre une longueur de 8 à 9 μ, mais leur petit diamètre se réduit alors à 2 ou 3μ.

Malgré leur forme et leurs dimensions variables, elles se composent d'une portion hémoglobique qui figure une cloche, une nacelle ou un croissant d'autant plus large que l'hématie est moins longue. La portion hémoglobique (fig. III, pl. VIII) est limitée par un contour ou ligne sombre qu'entoure une auréole claire, anhémoglobique de quelques dixièmes de μ. Sur les hématies sphériques et hémisphériques, le protoplasma anhémoglobique s'accumule en un amas ou ménisque biconvexe dans la concavité de la nacelle hémoglobique. Souvent, comme dans la figure III, il fait une saillie en forme de pointe. Les hématies elliptiques, ovalaires ou lenticulaires diffèrent entre elles par le développement plus ou moins considérable de la portion anhémoglobique, qui figure un ménisque saillant sur les premières formes et se réduit à un corpuscule clair, occupant la concavité des hématies lenticulaires.

Lorsque les hématies sont très nombreuses dans la préparation et se touchent par leur circonférence tout en flottant dans la solution, elles se déforment réciproquement. Aux points où elles arrivent en contact, elles montrent des facettes, au niveau desquelles elles semblent réunies entre elles par des lignes claires. La partie hémoglobique et sombre des hématies et les lignes claires rappellent l'image d'un épithélium sur lequel on aurait obtenu avec le nitrate d'argent une imprégnation *positive*. Les lignes claires résultent manifestement de l'agglutination et de la fusion des zones corticales, anhémoglobiques.

Dans la solution à 0,5 ou 0,6 p. 100 les hématies conservent pendant une heure environ une forme et des dimensions sembla-

bles à celles des hématies fixées dans le sublimé platinique. Elles s'y décolorent très vite et se hérissent d'épines ou deviennent crénelées.

Dans la solution à 0,7 p. 100, les épines semblent partir de la portion hémoglobique et y apparaissent plus vite et plus nombreuses.

Dans la solution à 0,9 p. 100, les crénelures et les épines se montrent immédiatement, surtout si on laisse la solution, qui contient le sang, exposée à l'air. Si, par contre, on monte immédiatement le sang, avec la solution de sel marin dans l'excavation de la lame porte-objet et qu'on lute la préparation, les hématies y conservent leur forme pendant plusieurs jours. Je ne saurais dire si c'est l'absence d'oxygène ou la faible proportion, bien vite épuisée, de chlorure de sodium qui produisent cet effet.

Les hématies des mammifères domestiques se comportent dans les solutions de chlorure de sodium comme les hématies humaines. Ces faits montrent que, dans les solutions salées à 0,9 p. 100 de NaCl environ, l'hémoglobine est mieux conservée, fixée pour ainsi dire; mais la forme de la portion hémoglobique se modifie puisqu'il y apparaît des saillies et des épines. Les solutions plus diluées (0,5 à 0,6 p. 100) maintiennent plus longtemps la forme et les dimensions bien que l'hémoglobine sorte de la portion hémoglobique et se dissolve dans la solution salée.

On a fait de nombreux essais avec les solutions salines (chlorure de sodium, sulfate de soude, bichromate de potasse, etc.) pour déterminer le degré de concentration qui maintienne les dimensions normales des hématies. Depuis les recherches de Vries, on sait que chaque espèce de cellule végétale exige une solution de concentration spéciale, dans laquelle elle ne gonfle, ni se ratatine. Dans une telle solution elle n'absorbe ni perd de l'eau; la solution est *isotonique*. Dans les solutions diluées (*hypotoniques*), la cellule gonfle, tandis qu'elle se ratatine dans les solutions concentrées (hyperisotoniques).

Peut-on comparer l'hématie à une cellule végétale? Peut-on assimiler l'écorce anhémoglobique de l'hématie à la membrane ou paroi d'une cellule végétale?

Les propriétés et la nature de ces deux formations me semblent bien différentes : dans l'hématie, la pellicule périphérique est composée de protoplasma ductile et visqueux, tandis que la cellule végétale est entourée d'une membrane cellulosique très résistante.

Il me semble difficile d'assimiler ces deux formations au point de vue de la structure ou de la perméabilité.

D'autre part, il est difficile de déterminer le degré de concentration d'une solution saline qui maintienne les dimensions de l'hématie. On a l'habitude de considérer comme normales les dimensions qu'on observe dans le sang examiné dans son propre sérum ou préparé par dessiccation. Or, nous avons vu (p. 571) que le contact de l'hématie avec la lamelle suffit pour déformer cet élément et que tous les résultats obtenus de cette façon sont faussés par le mode de préparation même.

Les observations et les considérations précédentes concordent avec celles que Weidenreich a faites dans des conditions analogues, mais à des points de vue tout différents.

Weidenreich [1], après avoir décrit le premier des hématies campanuliformes dans le sang circulant, a déterminé le degré de concentration d'une solution de chlorure de sodium conservant cette même forme. C'est une solution de sel marin à 0,65 p. 100. D'autre part, la congélation montre que le degré de concentration du sérum du sang normal est de 0,9 p. 100. « Ces faits établissent, dit Weidenreich, que la concentration seule ne suffit pas pour maintenir la forme des hématies; outre les phénomènes osmotiques, il est d'autres facteurs qui contribuent à maintenir la forme des hématies. »

En résumé, tant que la solution saline reste isotonique au suc cellulaire d'une cellule *végétale*, celle-ci y conserve ses dimensions : elle n'augmente ni ne diminue de volume. Pour ce qui est de l'hématie anucléée des mammifères, les points de comparaison sont bien plus difficiles à établir, car l'examen du sang à l'état frais ne peut se faire et nous sommes obligés de prendre comme point de repère les résultats fournis par le sang fixé.

Les patientes et remarquables recherches de Hamburger nous montrent une foule de faits intéressants, mais ne lèvent pas tous les doutes. En voici quelques exemples.

Hamburger [2] a mesuré les hématies du cheval dans le sérum du sang, dans la solution isotonique (NaCl 0,92 p. 100) et dans des solutions de concentrations variées.

1. Das Schicksal der roten Blutkörperchen im normalen Organismus, *Anatomischer Anzeiger*, t. XXIV, p. 186, 1903.
2. *Osmotischer Druck und Ionenlehre*, t. I, p. 197, Wiesbaden, 1902.

Voici le résultat de 40 mensurations.

Hématies de cheval dans le sérum de sang de cheval.		6 μ, 4
NaCl 2	p. 100	5 ,1
— 1,5	—	5 ,4
— 0,92	—	5 ,7
— 0,7	—	5 ,7
— 0,6	— la plupart des hématies ont perdu leur hémoglobine.	

Hamburger (*loc. cit.*, t. I, p. 199) dit : « Quelles que soient les solutions (salines ou sucrées) qu'on emploie (sérum dilué d'eau, lymphe normale ou pathologique), les hématies y perdent constamment leur forme biconcave et leur grand diamètre y diminue ».

Ces modifications ne persistent pas, car si l'on remet dans le sérum sanguin les hématies qui ont séjourné dans les solutions salines, elles reprennent leur forme biconcave et se disposent de nouveau en piles.

Selon Hamburger (t. I, p. 172), le sang qui n'est pas défibriné exige une solution plus concentrée que le sang défibriné pour que l'hémoglobine ne sorte pas des hématies. Ceci serait dû à ce fait, qu'au contact de l'air, le sang défibriné est plus riche en oxygène que le sang qui n'est pas défibriné.

Hamburger (*loc. cit.*, p. 200) note que les hématies perdent leur forme biconcave dans la lymphe qu'il a rendue isotonique ou dans une solution isotonique.

Elles y prennent une forme sphérique. Il ajoute qu'il ne peut expliquer le fait.

Hamburger conclut ainsi : La solution saline la moins concentrée qui conserve l'hémoglobine dans les hématies n'est nullement indifférente pour l'hématie, car celle-ci y gonfle. Il faut une solution plus concentrée pour que le volume de l'hématie soit maintenu.

Pour les hématies des mammifères, la concentration du sel marin oscille autour de 0,6 p. 100 lorsqu'elle conserve aux hématies leur hémoglobine. Pour les maintenir dans leur forme, il faut une solution contenant 0,9 p. 100 de chlorure de sodium.

La solution de 0,6 p. 100 de NaCl n'est pas physiologique pour les hématies humaines.

Pour expliquer ses résultats, Hamburger émet l'hypothèse suivante : l'hématie se composerait d'un réseau protoplasmique dont les mailles contiendraient une substance fluide. C'est ce contenu

intraglobulaire qui attirerait l'eau, à l'exclusion du réseau protoplasmique. L'écorce protoplasmique de l'hématie serait perméable à l'eau seulement et non point aux cristalloïdes.

C'est là une structure hypothétique, destinée à expliquer les phénomènes osmotiques; nous verrons (p. 587 et 603) que la fixation et les colorations conduisent à des conclusions tout autres. A mon avis, les solutions salines agissent selon leur degré de concentration sur les hématies comme agents soit altérants, soit fixateurs. Si l'hématie est si difficile à conserver dans sa forme, c'est qu'elle représente un protoplasma très mou, qui, comparé au protoplasma des cellules fixes de l'organisme, est arrivé à un stade très avancé de l'évolution, stade intermédiaire entre l'état solide et l'état fluide.

c) *Résultat.* — Le sang des mammifères adultes et bien portants possède des hématies de formes diverses : sphériques, hémisphériques, elliptiques, ovalaires et discoïdes. Chacune de ces formes, comme le montre le développement, correspond à un stade évolutif déterminé; l'hématie sphérique représente l'état jeune ou initial.

L'hématie des mammifères adultes et bien portants, c'est-à-dire anucléée, se compose d'une portion hémoglobique centrale ou axiale et d'une portion anhémoglobique, corticale : la première a la forme d'une nacelle; pour combler la concavité de la nacelle, la seconde s'épaissit et se renfle en un ménisque anhémoglobique qui fait souvent saillie extérieurement. Les classiques, prenant l'hématie anucléée pour une cellule entière, quoique modifiée, ont décrit le ménisque anhémoglobique comme le reste du noyau : pendant que le prétendu corps cellulaire se chargerait d'hémoglobine, le noyau s'atrophierait. Par le développement (voir 2e partie), nous verrons que cette assimilation est inexacte; en réalité, la portion chromatique du noyau devient hémoglobique, tandis que la substance achromatique du noyau se transforme en une portion anhémoglobique dans laquelle on distingue : 1° une couche corticale et 2° un ménisque (prétendu reste nucléaire, noyau atrophié, corpuscule endoglobulaire, nucléoïde, substance chromatophile endoglobulaire, etc.) (voir l'historique, 2e partie).

Les hématies anucléées des mammifères sont entourées et limitées par une enveloppe de quelques dixièmes de μ, formée de protoplasma transparent, anhémoglobique, ductile et visqueux. Le développement nous renseignera sur l'origine et la nature de cette enveloppe (voir 2e partie) qui est d'autant plus épaisse que

l'hématie est plus jeune. Elle peut, sur l'hématie vieille, disparaître par fonte et alors l'hématie, réduite au croissant hémoglobique, devient lenticulaire ou discoïde.

Pour déterminer la forme réelle des hématies des mammifères, il faut tenir compte des deux portions hémoglobique et anhémoglobique. Si l'on examine les hématies dans un liquide prétendu conservateur ou un sérum et qu'on ne porte son attention que sur la portion *hémoglobique*, celle-ci figure un disque, une nacelle ou une cupule (fig. III, pl. VIII), de moitié ou du tiers environ plus long que large. Si l'on ne tient pas compte de l'écorce et surtout du ménisque anhémoglobique, la portion hémoglobique figure un croissant, une cupule ou une cloche. Weidenreich (voir l'historique) a montré des faits qui sont exacts, mais qui se rapportent uniquement à la portion hémoglobique. Il néglige l'écorce et le ménisque anhémoglobiques, de sorte que ses conclusions ne sont pas conformes à la réalité.

Par la fixation du sang d'après ma méthode et la double coloration, il m'est facile de justifier cette opinion. La portion colorée en violet foncé (hémoglobique) des hématies *b*, *c* (vues de face) et *d*, *e* (vues de champ, fig. V) figure bien une nacelle ou une cloche; mais le ménisque anhémoglobique (rouge) qui en remplit l'excavation fait également partie de l'élément et concourt à déterminer sa forme. Celle-ci n'est pas une sphère parfaite, puisque les diamètres ne sont pas égaux : ils sont l'un à l'autre comme 5 ou 6 est à 7. Mais il est d'autres formes : la figure IV montre un disque hémoglobique allongé et très mince dont les faces sont revêtues chacune d'un ménisque anhémoglobique. L'hématie figure un corps elliptique. Le dessin *f* de la figure V représente une masse hémoglobique renflée aux deux extrémités, à faces aplaties et dépourvues de protoplasma anhémoglobique. A mon avis, je le répète, l'hématie *f* est un élément vieux dont la substance anhémoglobique a disparu par fonte.

Le développement, je le dis par anticipation, confirme ces conclusions : l'élément originel, qui est un noyau, est sphérique; à mesure que la chromatine subit la transformation hémoglobique la chromatine prend la configuration d'une nacelle et le nucléoplasma se réduit de plus en plus autour de ce centre hémoglobique.

Les aspects différents qu'offrent les hématies sont dus à leur constitution qui varie dans leurs parties centrale et périphérique. Si l'on met l'hématie au point, de façon que son ménisque anhémo-

globique soit au foyer de l'objectif et qu'on aperçoive en même temps le croissant hémoglobique et la pellicule corticale, le centre paraît clair, la cupule hémoglobique devient sombre et son bord clair. Si l'on éloigne l'objectif, le ménisque central anhémoglobique n'est plus visible et l'on n'aperçoit plus que la cupule hémoglobique qui paraît sombre et la pellicule anhémoglobique qui lui constitue une bordure claire.

Plaquettes du sang. — Existe-t-il dans le sang, outre les leucocytes et les hématies, des parties figurées constituant une troisième forme d'éléments sanguins? Il est difficile de répondre à cette question. Lorsqu'on étudie à l'objectif à immersion à eau une goutte de sang reçue dans une solution salée (0,4, 0,5 à 0,9 p. 100 de chlorure de sodium), on ne voit *au début* que des leucocytes et des hématies. En prolongeant l'observation, on voit les hématies et les leucocytes émettre des saillies et des pointes qui se pédiculisent, deviennent libres et constituent des corpuscules les uns colorés, les autres incolores. Je me suis toujours demandé si ce sont là les plaquettes du sang. En examinant le sang circulant du mésentère du Cobaye, j'ai entrevu des plaquettes analogues, mais je suis resté dans le doute, parce que les vaisseaux sont toujours plus ou moins comprimés lorsqu'on fait cette observation; de plus, il est possible que la stagnation momentanée ou partielle du sang soit la cause de la production de ces plaquettes. La plupart des sérums, liquides conservateurs ou indifférents, produisent des effets analogues (voir historique, p. 616).

Le sang reçu directement dans le fixateur (liquide de Zenker ou solution de sublimé platinique), puis examiné sans coloration ou après coloration, ou bien encore le sang fixé par ces liquides fixateurs dans l'intérieur d'un vaisseau, montre des images différentes. Les leucocytes et les hématies présentent une forme bien déterminée, sans crénelures ni saillies, ni pointes d'aucune sorte. Dans l'intervalle de ces deux sortes d'éléments figurés existe un réseau de fibrilles dont les mailles sont entrecoupées de mille manières. Aux points où les fibrilles se rencontrent ou se croisent, existent des amas arrondis ou étoilés représentant les points nodaux du réseau ou réticulum. En colorant de diverses façons ces préparations, avec l'hématoxyline de fer et au rouge Bordeaux, par exemple, j'ai toujours vu les points ou grains nodaux se teindre comme le réticulum fibrineux; jamais je n'y ai distingué de noyau ni de pro-

toplasma cellulaire. En un mot, je n'ai pas réussi à me convaincre de l'existence d'une troisième forme d'éléments figurés du sang. Comme nous le verrons à l'historique, pour observer cette troisième forme d'éléments figurés (granulations libres, hématoblastes, plaquettes du sang, thrombocytes) il faut faire subir au sang des manipulations variées. Or, si les histologistes décrivent à ces éléments une configuration et une structure différentes, cela me paraît tenir au mode de préparation même. En un mot, les plaquettes du sang me semblent être un artifice de préparation ou des fragments détachés des hématies ou des leucocytes. Il est possible encore qu'en vieillissant, en s'usant, pour ainsi dire, les hématies et les leucocytes se réduisent à des particules de plus en plus fines, les unes hémoglobiques, les autres dépourvues d'hémoglobine et qui simulent une troisième forme d'éléments figurés du sang (voir l'historique p. 615).

III. — Dimensions des hématies.

On a publié de nombreux tableaux sur les dimensions des hématies de l'homme et de la plupart des vertébrés. L'un des plus complets est celui qu'a dressé Milne Edwards dans le t. I de ses *Leçons de physiologie et d'anatomie comparée* (p. 84). Qu'on me permette de reproduire, comme point de repère, le tableau qu'en donne Martin Bethe (*loc. cit.*, p. 230). Le défaut de la plupart de ces tableaux est le suivant : on compare les dimensions obtenues par les auteurs, sans indiquer le mode de préparation qui a été mis en usage.

AUTEURS	HOMME	COBAYE	CHIEN	LAPIN	RAT	BŒUF	CHAT	CHEVAL	PORC	MOUTON	CHÈVRE
Valentin..	7,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3,9
Wagner ..	7,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Robin	7,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Harting...	7,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Gulliver ..	7,4	»	7,2	7,0	6,8	6,0	5,8	5,4	6,0	5,5	»
Schmid...	7,7	»	6,6	»	6,1	5,4	»	»	6,2	4,4	»
Schmidt..	7,7	»	7	6,4	6,4	5,8	5,6	5,7	6,2	4,5	»
Vierordt..	7,7	»	7,3	6,9	»	»	»	»	»	»	»
Welker...	7,7	»	7,3	6,9	»	»	6,5	»	»	5,0	4,1
Gram	7,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Klein.....	7,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Formad ..	7,9	7,5	7,1	6,9	»	6,0	»	»	5,9	5,1	4,2
Berchon et Périer...	8,3	»	6,6	6,6	»	»	5,8	5	6,6	»	»

Je complète ce tableau par les mensurations suivantes que cite R. V. Limbeck[1] en ce qui concerne l'homme; cet auteur y ajoute les dimensions minima et maxima.

		Moyenne.
Welcker.....	4 μ, 5 à 9 μ, 5	7 μ, 2 à 8 μ, 1
Malinin.....	»	7 ,7
Hayem.....	6 , à 8 ,8	7 ,5
Laache.....	6 , à 9	7 , à 7 ,15
Bizzozero.....	»	7 , à 7 ,15
Gram.....	6 ,7 à 9 ,3	7 ,7 à 8

Limbeck fait quelques remarques intéressantes : toutes les hématies n'ont pas les mêmes dimensions chez l'homme bien portant ni chez le malade. D'autre part, la plupart des différences que signalent les auteurs semblent tenir au procédé de préparation adopté par les observateurs (hématies humides ou desséchées).

Bethe (*loc. cit.*) a déterminé la proportion des diverses variétés d'hématies.

42 p. 100	ont un diamètre de	6 μ, 92
28 —	—	7 , 26
16 —	—	8 , 58
8 —	—	8 , 6
6 —	—	9 , 24

D'après Limbeck (*loc. cit.*, p. 207), chez le nouveau-né, on observerait des hématies très petites et d'autres très volumineuses.

Chez les embryons, Harting trouve que sur un fœtus de trois mois et demi, les hématies sont plus petites que plus tard.

L. Périer (C. R. 1877, p. 1168) trouve que, chez le nouveau-né, les hématies ont des tailles bien différentes et varient entre 3 μ 1 et 10 μ. 3.

Hayem (*Ibid.* t. LXXXIV, p. 1168) arrive au même résultat : les hématies du nouveau-né varient entre 3 μ 25 et 10 μ 25.

Pour montrer que la plupart des chiffres donnés par les auteurs se rapportent à des hématies altérées ou déformées mécaniquement, il me suffit de rapporter les faits suivants.

Nous choisirons, comme premier exemple, le sang du *Chat*, dont les hématies sont de l'aveu de Hayem et de Schmauch, des plus vulnérables et s'altèrent avec une facilité extrême.

Il est encore à noter que les auteurs se bornent le plus souvent à donner un seul diamètre, c'est-à-dire la longueur.

A. *Étalement et dessiccation du sang de chat sur une lame de verre.* — Selon C. Schmid (1848), les hématies du chat auraient comme

1. *Grundriss einer Klinischen Pathologie des Blutes*, 1896, p. 207.

Dimensions moyennes.....	5 μ, 7
— minima.....	5 , 3
— maxima.....	6 ,

B. *Hématies du chat mesurées dans leur plasma, mais aplaties par la lamelle couvre-objet.* — Selon Welker (1864).

Dimensions moyennes.....	6 μ, 5
— minima.....	5 , 8
— maxima.....	7 , 4

Selon Bethe (1892),

Dimensions moyennes.....	5 μ, 6
— minima.....	5 , 3
— maxima.....	6 ,

Selon Schmauch (1889),

Dimensions moyennes.....	5 μ, 5

Bethe laissait, nous le rappelons, le sang s'infiltrer entre lame et lamelle et le mesurait immédiatement avant dessiccation complète. Schmauch évitait les effets d'une forte compression en recevant le sang sur les débris d'une fine lamelle. Telles sont, à mon avis, les causes de la longueur moins considérable que ces deux auteurs attribuent aux hématies du chat.

En fixant les hématies dans leur plasma, en les durcissant avant de les déposer sur la lame, j'évite tous les effets de l'adhérence et de la compression. C'est de la sorte que je m'explique mes résultats : le grand diamètre est plus faible et les autres diamètres augmentent en proportion. J'ai affaire à des solides et non point à des surfaces. Je ne crois pas qu'on puisse m'objecter que le sublimé platinique gonfle la substance des hématies.

Jeune chat. — Sang fixé dans le sublimé platinique.

La plupart des hématies ont des dimensions de 3 μ 8 à 4. Vues de champ, elles montrent un croissant hémoglobique dont la concavité contient un ménisque anhémoglobique; d'autres, qui se présentent par la convexité, possèdent un corps central en forme de haltère et hémoglobique, dont les faces excavées sont remplies chacune par un ménisque anhémoglobique. Les hématies de 5 μ sont peu nombreuses.

En résumé, les petites hématies sont sphériques et sont longues et

larges de 3 μ 8 à 4 μ. Celles qui sont hémisphériques ou lenticulaires, ont un grand diamètre de 5 μ et un petit diamètre de 2 μ 5 à 2 μ 7.

Chats adultes et vieux. — Des fins vaisseaux prélevés sur l'animal vivant furent fixés soit dans l'acide osmique à 1 p. 100, soit dans le sublimé platinique. Ces deux réactifs donnèrent des résultats identiques. Les hématies des chats adultes et vieux possèdent mêmes formes et même structure que chez les jeunes. Les hématies sphériques varient entre 3 μ et 4 μ; les hémisphériques, les lenticulaires et les discoïdes ont 5 μ de long sur 2 à 3 μ de large. Elles sont composées : 1° d'une portion hémoglobique qui affecte la forme de nacelle, de croissant ou de bâtonnet, et 2° d'une portion anhémoglobique, comprenant une pellicule périphérique et le ménisque qui occupe la concavité du croissant hémoglobique. Le ménisque anhémoglobique est très évident, bien qu'il ne mesure que 1 à 2 μ. Comme nous le verrons à l'historique, on l'a décrit sous le nom de corps endoglobulaire ou de noyau atrophié. L'hématie n'est nullement une cellule transformée dont le corps cellulaire aurait 3 à 4 μ et le noyau 1 à 2 μ; le développement nous montrera que le ménisque anhémoglobique correspond au protoplasma nucléaire, clair et homogène d'un noyau dont la substance chromatique s'est transformée en hémoglobine.

Homme. — Sang fixé par la solution de sublimé platinique.

La plupart des hématies, vues de champ, sont longues de 5 μ, le croissant ou nacelle, hémoglobique, est épais de 2 μ 5. Le ménisque anhémoglobique a un diamètre de 2 μ 5. Donc l'hématie est aussi longue que large; elle est sphérique. Il en est, beaucoup plus rares que les précédentes, qui sont longues de 5 à 6 μ 5 et larges de 3 μ 5 avec un ménisque anhémoglobique de 3 μ 5. J'en ai observé également, très rares cependant, dont le croissant hémoglobique était long de 8 à 9 μ, large de 2 μ et dont le centre de la concavité contenait un petit corpuscule anhémoglobique. Vu de champ et du côté convexe, le croissant hémoglobique avait la forme d'haltère, et souvent, comme dans la figure IV (pl. VIII), les faces étaient munis chacune d'un ménisque anhémoglobique.

Sang de *chien* fixé par la solution de sublimé platinique.

Les hématies du chien possèdent même forme et même constitution que celles du chat et de l'homme; la plupart ont 4 μ de diamètre; mais les hématies sphériques ou hémisphériques de 5 ou 6 μ sont plus nombreuses chez le chien que chez le chat.

Les hématies du *Cobaye* offrent mêmes formes et mêmes dimensions; elles varient entre 3 μ, 4 μ, 5 μ et 6 μ. (Voir ma note à la *Soc. de Biologie*, 16 juin 1906, p. 1004).

Rollett et Bethe donnent, pour le Cobaye, le chiffre de 7 μ 48, et, pour le chien celui de 7 μ 2.

En résumé, comme je l'ai déjà dit (*Soc. de Biologie*, 16 juin 1906, p. 1005), l'élasticité et la mollesse de l'hématie nous expliquent son allongement quand on étale une goutte de sang sur une lame de verre, qu'on la recouvre d'une lamelle ou qu'on la dessèche par la chaleur. Elle adhère au verre et s'affaisse, de sorte qu'elle s'allonge de 1 à 2 μ[1]. L'hématie est une gouttelette de consistance gélatineuse qu'il convient de fixer et de durcir avant de la poser sur le verre pour en voir la forme et en mesurer les diamètres.

Ainsi l'examen pratiqué sur du sang fixé selon ma méthode prouve l'existence dans le sang des mammifères adultes et bien portants d'hématies sphériques, hémisphériques, lenticulaires, elliptiques et discoïdes. Mieux que toutes les descriptions, un coup d'œil jeté sur la fig. V, pl. VIII, montre que les hématies se caractérisent par une irrégularité de forme sans exemple parmi les autres éléments de l'organisme. Les noyaux seuls de l'épithélium postérieur de la cornée présentent des variations de configuration analogues et correspondant à un âge déterminé de l'animal. De plus, la coloration à l'hématoxyline, au fer et au rouge Bordeaux indique que la portion hémoglobique a plus d'affinité pour l'hématoxyline dans les hématies sphériques et hémisphériques, tandis que le rouge Bordeaux se fixe plus énergiquement sur les hématies lenticulaires et discoïdes. Ces réactions micro-chimiques corroborent les faits de développement (*Voir la 2e partie*).

IV. — Forme des hématies. — Historique.

Dès 1665, Malpighi [2] signala les corpuscules rouges ou hématies dans le sang. Il les prit pour des globules graisseux (Guttulæ olei sanguinis). Dans ses lettres (*De pulmonibus epist.*, t. II, p. 141-142), Malpighi les appelle : « globulos pinguedinis propria figura terminatos rubescentes ».

1. Les mensurations faites dans ces conditions donnent des chiffres (*données classiques*) trop élevés de 2 μ environ.
2. Marcelli Malpighi, *Anatome plantarum*, Londini, t. I. *Exercitatio de omento, pinguedine et adiposis ductibus*, p. 42.

Enfin dans ses œuvres posthumes (Londres, 1697, p. 92), il les décrit sous le nom de « globulos quasi subluteos ».

Leeuwenhoek[1] décrit les hématies des mammifères sous le nom de « globuli sanguinis et particulae sanguinis » et celles des reptiles et des poissons sous le nom de « particulae ovales sanguinis » dont il figure le noyau. Pour Leeuwenhoek, un globule rouge est formé de plusieurs corpuscules plus petits : « globulos ex sex aliis compositos aliosque trigesimae sextae partii spherulae sanguineae aequales ». Chaque globule *rouge* se composerait de six corpuscules jaunâtres et chaque corpuscule jaunâtre de six corpuscules blancs.

Pour Leeuwenhoek[2], les hématies humaines sont des vésicules pleines d'eau : « veluti si vesiculam aqua plenam habeamus et medium vesiculae per impressionem digiti, quasi fovea vel scrobiculo quodam excavemus ».

En un mot, les globules rouges sont des corpuscules sphériques, creusés d'une fossette.

En 1749, Sénac[3] désigne les hématies sous le nom de *globules* ou *molécules* : « or quand on examine leurs surfaces (supérieure et inférieure) avec attention, on voit que les molécules, bien loin d'être des petites sphères, sont lenticulaires ou aplaties... Diverses observations confirment une telle figure; suivez quelques-unes de ces molécules, lorsqu'elles marchent en file sur le porte-objet un peu incliné; si dans cette marche il y en a une qui enjambe sur l'autre, on voit une espèce de tranchant qui glisse sur celle qui est devant; on ne voit pas du moins qu'en montant les unes sur les autres, elles roulent comme de petites sphères; ce tranchant est encore plus sensible, quand elles tournent autour de leur centre en traversant rapidement le fluide où elles nagent; il est vrai qu'il est difficile de les faire tourner dans leur mouvement progressif; mais cette difficulté même prouve leur aplatissement; des corps parfaitement sphériques tournent facilement dans l'eau qui les soutient; il n'en est pas de même des corps aplatis ».

« On voit, au milieu des globules une tache noire; quelquefois et même souvent, ce milieu est blanc et transparent; autour de cette tache, ou de l'espace blanc et diaphane, il se forme divers anneaux de différentes couleurs; ces anneaux concentriques varient selon que les molécules sanguines sont plus ou moins appliquées au verre sur le porte-objet et selon qu'il y a plus ou moins de fluide entre elles et ce verre; or telles sont les apparences des verres objectifs, c'est-à-dire des verres lenticulaires, lorsqu'ils sont appliqués à un verre dont la surface est plate; il faut donc que les molécules du sang ressemblent à des lentilles ».

Des éléments figurés du sang, Haller[4] ne connut que les globules

1. *Philosoph. Transactions*, London, 1673.
2. *Opera omnia, Epistolae physiologicae*, t. II.
3. *Traité de la structure du cœur*, t. II, p. 275, 1783.
4. *Elementa physiologiae corporis humani*, Lausanne, 1757-1766.

rouges. « Praeter globulos rubros unius classis et magnitudinis nullam in sanguinem indigenam sphaerulam reperiri. » Haller considéra les globules rouges de tous les vertébrés comme de forme circulaire.

W. Hewson [1] s'élève contre l'opinion de Leeuwenhoek qui regardait les globules rouges comme de forme globuleuse. « These particles of the blood are in reality flat bodies ». Dans leur propre sérum, ils paraissent aplatis : « as flat as a guinea ». Quand on ajoute de l'eau, ils deviennent des boules.

Pour Hewson, il existe dans le sang des vésicules qui, en éclatant et en se divisant, se transforment en globules.

Gruithuisen [2] mit une goutte de sang sur une lame de verre, et, après y avoir ajouté une goutte d'eau distillée, il vit les vésicules sanguines (Blutbläschen) s'agiter comme des fourmis qu'on irrite. Au bout de quelques secondes, tout rentrait au repos, et, il ne restait que des petites sphères arrondies (globules sanguins ou Blutkügelchen) qui sont aux vésicules comme les pois par rapport aux lentilles. Les globules persistent dans le sang desséché; tant qu'ils sont humides, ils montrent une sphérule centrale concentrique à une sphère principale.

Gruithuisen représente et décrit de grandes vésicules sanguines (Blutbläschen) dont chacune contient environ 150 globules sanguins. A ses yeux, ce sont des vésicules de chyle qui, en éclatant ou crevant (Zerspringen) donnent naissance aux globules sanguins (Blutkügelchen), de forme sphérique. Les globules sont de nature animale parce qu'ils se meuvent, tandis que les vésicules sont de nature végétative.

Treviranus [3] parle des petites sphères qu'on observe au microscope dans le sang. « Ces sphères, dit-il, offrent même forme chez tous les vertébrés, bien qu'elles soient un peu plus grandes chez les Poissons et les Amphibiens ».

Rudolphi [4], examinant le sang circulant des vertébrés inférieurs, y vit des corpuscules sombres « arrondis ou elliptiques » (sphères ou vésicules sanguines). Parmi les globules rouges, Rudolphi en distingua des jaunes et des blancs.

Les micrographes de cette première époque n'avaient même pas l'idée que l'eau puisse altérer les hématies. Ils prenaient pour normale et réelle la forme globuleuse ou vésiculeuse que prend l'hématie au contact de l'eau. Il importe de relever cette faute technique, car nous voyons de temps en temps, en plein XXe siècle, des débutants découvrir la forme globuleuse des hématies des mammifères et recommander le lavage à l'eau pour la démontrer.

Au début du XIXe siècle, non seulement on n'était pas fixé sur la

1. *Experimentel Inquiries*, 3e partie, 1777.
2. *Gruithuisens Beiträge zur Physionosie und Eautognosie*, München, 1812, p. 89.
3. *Biologie oder Philosophie der lebenden Natur*, Göttingen, 1802-1822.
4. *Grundriss der Physiologie*, Berlin, 1821-1828.

forme des hématies mais leur existence même était mise en doute. Des hommes, tels que Richerand et Magendie, prenaient ces éléments pour des bulles d'air entraînées par le torrent circulatoire. Nous trouvons dans Blainville un aperçu des théories de l'époque.

Pour D. de Blainville [1] le sang est formé de globules distincts suspendus dans un véhicule liquide. On a conçu ces globules de quatre manières différentes.

« Selon quelques micrographes [2], ces petits corps seraient de forme annulaire, c'est-à-dire ronds et percés à leur centre d'une ouverture circulaire »; pour de Blainville, c'est une illusion d'optique.

« Plusieurs personnes admettent que chaque globule est un petit solide gélatineux, de même densité et de même structure dans tous ses points; cette opinion est celle de Blumenbach. On peut en rapprocher celle qui consiste à considérer les corpuscules dont il s'agit comme formés par de petits gâteaux circulaires, aplatis, transparents, incolores quand ils sont simples, à bords arrondis et plus élevés que la partie centrale (ce qui donne lieu à une dépression sur les deux faces du gâteau) : telle est l'idée que professent MM. Hodgkins et Lister, et même M. Young, qui pense que la substance des globules du sang n'a pas partout le même pouvoir réfringent.

« D'autres observateurs, en plus grand nombre, assurent que les globules sont formés d'un globule central incolore, contenu dans une enveloppe ou vésicule colorée. Cette manière de voir, qui est due à Hewson, a été admise dans ces derniers temps par MM. Bauer et Er. Home, en Angleterre, ainsi que MM. Prévot et Dumas en Suisse; mais elle a été attaquée par les travaux microscopiques de MM. Young, Hodgkins et Lister en Angleterre, et par ceux de M. Raspail, en France.

« D'après une quatrième manière de voir, les globules seraient formés d'une petite vessie pleine d'un fluide analogue au véhicule, et dans lequel se trouverait une matière colorante, et chacun de ces globules en renfermerait d'autres plus petits, quoique de même structure; c'est l'opinion de Raspail qui compare alors les globules du sang à ceux de la fécule de pomme de terre ».

Enfin M. Schulz pense que les globules du sang ne sont que des bulles d'air introduites dans ce fluide pendant la respiration... »

De Blainville, étudiant le sang de grenouille, y a vu des corpuscules ovales et déprimés. Chacun, vu à plat, représente une vésicule bien également gonflée et dont la couleur est certainement très légèrement rosée... le corpuscule présente une apparence de noyau central, et, par conséquent, un anneau qui le circonscrit. Au bout de peu de temps, le nombre de globules qui offrent un noyau central est notablement augmenté...

1. *Cours de physiologie générale et comparée*, t. I, p. 208, 1829.
2. Della Torre, par exemple.

En ce qui concerne les Mammifères et les Oiseaux, la partie solide du sang est formée, selon de Blainville, « de globules et même de granules. Ces globules sont d'une composition homogène, et leur enveloppe apparente n'est qu'une sorte de coagulation incolore ou du moins pas plus colorée que le reste; aussitôt qu'ils ont cessé de vivre et de se mouvoir, la substance qui les constitue se sépare en deux parties : l'une se coagule et forme un nucléus central albumineux, gélatineux ou fibrineux, comme on voudra l'appeler; l'autre s'échappe à travers la partie centrale coagulée enveloppante et se réunit au véhicule ».

Johannes Müller [1] dit que le globule rouge vu de profil ressemble à un trait court, dont les deux extrémités ne sont pas arrondies mais finissent brusquement comme celles d'une pièce de monnaie. Il prend la tache centrale pour un noyau.

Schultz [2] continua à regarder les globules rouges comme des vésicules. Schultz les nomma des *vésicules sanguines* (Blutbläschen).

Pour R. Wagner [3], les globules rouges sont des corpuscules circulaires aplatis, légèrement biconcaves, à bords arrondis.

Comparant les globules rouges à une cellule végétale ou animale, Schwann [4] leur décrivit un contenu et une membrane ou paroi périphérique.

L'existence de la membrane fut niée plus tard.

Dujardin [5] a observé et figuré des globules sanguins qui paraissaient avoir un trou central.

Pour Burggraeve [6], les globules rouges du sang seraient des cellules à noyaux, ce seraient des cellules aplaties des deux côtés.

Van Kempen [7] considère les corpuscules rouges du sang comme des vésicules ayant la forme de disques circulaires, semblables à des pièces de monnaie. Leurs faces ordinairement planes, sont souvent légèrement convexes et se réunissent par un bord arrondi; souvent ces globules sont courbés sur une de leurs faces de manière qu'ils paraissent concaves. Vus par leurs bords, ils ressemblent à des bâtonnets, grêles, droits ou légèrement arqués. Dans la figure 17, B, Van Kempen représente de profil un globule rouge qu'il n'explique pas dans la légende et qui montre un ménisque transparent dans la concavité du croissant. « Dans les corpuscules rouges du sang de l'homme, continue Van Kempen (p. 36), on ne reconnaît pas de noyau, même quand ils sont distendus par l'eau. Une illusion optique peut seule porter à admettre l'existence de ce noyau, et cela de deux manières : plusieurs globules du sang ont des faces légèrement convexes, et leur centre paraît presque incolore et transparent lorsqu'il se trouve au foyer du microscope; si au contraire on déplace

1. *Journal de Poggendorf*, 1832.
2. *Das System der Circulation*, 1836.
3. *Nachträge zur vergleichenden Physiologie des Blutes*, 1838.
4. *Mikroskop. Untersuchungen*, etc., 1839.
5. *L'observateur au microscope*, manuel Roret, atlas pl. III, fig. 5.
6. *Anatomie de texture ou Histologie*, Gand, 1845.
7. *Manuel d'anatomie générale*, p. 33, 1851.

un peu le microscope, de manière que le pourtour du globule corresponde au foyer, tandis que son centre s'en éloigne, le premier paraîtra transparent et le second opaque. Cette illusion peut faire croire à l'existence d'un noyau translucide dans un cas, opaque dans l'autre ».

Bien que depuis un siècle les hématies des mammifères passent toutes pour être discoïdes, certains histologistes qui ont regardé attentivement avant d'écrire, en ont signalé de forme différente.

Ch. Robin [1], le premier que je sache, a observé des hématies sphériques, hémisphériques et d'autres intermédiaires entre celles-ci et les discoïdes. Les hématies sphériques ne se mettent jamais en piles. Ch. Robin a fait la remarque suivante : « Dans le liquide des lymphorrhagies, les hématies qui s'y trouvent se resserrent un peu, deviennent larges de 6 millièmes de millimètre seulement et prennent une forme sphérique ou quelquefois un peu déprimée sur les deux faces opposées. Beaucoup sont hémisphériques avec légère dépression de celle des faces qui n'est pas bombée ».

M. Schultze [2] a vu dans son propre sang et dans celui de plusieurs autres personnes, à côté des globules discoïdes, des globules rouges de forme sphérique ainsi que d'autres de formes intermédiaires. Les globules rouges sphériques mesurent 5 à 6 μ, tandis que les discoïdes varient entre 8 et 10 μ. Les globules rouges sphériques ne prennent point part à la formation des piles. Il confirme ainsi l'observation susmentionnée de Ch. Robin sans y faire nulle allusion.

Ranvier [3] figure et décrit, après l'action de la chaleur, des globules sphériques, qui « sont des globules en forme de calotte vus de face; la dépression centrale normale a été exagérée et le globule a pris la forme d'une cupule, de sorte que le centre clair paraît perforé ».

Renaut [4] dit : « Chez l'homme, certains globules rouges atteignent seulement 5 μ de diamètre, ils paraissent plus colorés que les grands, uniquement parce qu'ils sont en majorité sphériques ».

En anatomie comparée, on avait signalé des formes curieuses d'hématies : Rudolph Wagner (1838), Gage (1888) avaient vu des hématies caliciformes et campanuliformes chez la lamproie (Petromyzon fluviatiles) et Deckhuyzen [5], les étudiant à nouveau, montra qu'outre une profonde dépression ventrale ou orale, ces hématies caliciformes en présentaient une autre du côté dorsal (dépression aborale). Si cette dernière dépression est quelque peu prononcée, l'hématie, qui est nucléée chez la lamproie, devient un disque biconcave. Aussi donna-t-il à ces hématies le nom de « chromocratères ». Les cellules hémolobiques nucléées de la moelle osseuse du rat, du cobaye et du lapin auraient

1. Sur quelques points de l'anatomie et de la physiologie des globules rouges du sang, *Journal de la Physiologie*, t. I, p. 286, 1858.
2. Ein heitzbarer Objecktisch, etc., *Archiv f. mik. Anatomie*, t. I, p. 35.
3. *Technique*, 1re éd., p. 189, fig. 46, g.
4. *Traité d'histol. pratique*, t. I, p. 112.
5. Becherförmige rote Blutkörperchen « Chromokrater », *Anatomischer Anzeiger*, t. XV, p. 206, 1899.

l'origine, selon Deckhuyzen, la forme de chromocratères; plus tard elles expulseraient leur noyau et deviendraient des hématies caliciformes anucléées.

Ces observations passèrent inaperçues ou furent considérées comme des faits curieux, jusqu'au jour où G. Schwalbe (cité par Weidenreich) signala, dans le sang du hérisson, l'existence d'hématies campanuliformes (glockenförmig).

Au lieu d'être discoïdes, les hématies du hérisson revêtaient la figure de lentilles concavo-convexes.

Cette observation porta F. Weidenreich[1] à entreprendre des recherches nouvelles sur la forme des hématies.

Recevant une goutte de sang humain sur une plaque chauffée à 37°5, Weidenreich vit les hématies prendre la forme d'un saucisson recourbé dont la concavité est revêtue d'une paroi (Wand), claire, faiblement convexe. Vue de face, cette paroi claire figure une tache ou un cercle clair. L'hématie est campanuliforme, cupuliforme; sa configuration rappelle celle d'un calice, d'une méduse ou d'une gastrula. Il est d'autres hématies qui, outre la dépression de l'une des faces, en présentent une autre sur la face opposée. D'autres fois encore, les faces sont moins excavées, comme aplaties. Selon Weidenreich, ces diverses formes dériveraient de la sphère; grâce à l'élasticité de l'hématie sphérique, la moindre impression lui donnerait l'une ou l'autre forme sus-mentionnée.

Fixé à l'acide osmique ou au sublimé, le sang montre des hématies de forme identique. Même configuration de l'hématie dans le sang circulant (mésentère du lapin vivant). Le sel marin à 0,65 p. 100 est isotonique pour les hématies humaines; à 0,9 p. 100, il enlève l'eau à l'hématie qui devient discoïde; une solution de sel marin de concentration inférieure à 0,65 p. 100 gonfle l'hématie qui devient sphérique.

Quant à la *membrane* de l'hématie, Weidenreich la croit démontrer en décolorant l'hématie dans l'eau et en fixant le reste décoloré (ombre de globule) par l'acide osmique. Ces restes de globules se présentent alors comme des écailles aplaties (flache Schalen).

Les faits annoncés par Weidenreich furent confirmés par les uns, niés par les autres.

Pour Triolo[2], la forme biconcave que prennent les hématies des mammifères serait due à la coagulation du sang. Pour retarder ou empêcher la coagulation, Triolo emploie l'huile de vaseline qu'il dépose sur la pulpe du doigt et pique en son centre avec une aiguille. Après avoir recueilli la goutte de sang sur une lame, il la recouvre d'une lamelle. De cette façon il empêche le contact du sang avec la surface du verre.

Dans ces conditions, les hématies sont arrondies ou utriculaires, sans

1. Studien über das Blut und die blutbildenden und zerstörenden Organe, *Archiv f. mik. Anatomie*, t. LXI, p. 459, 1903.
2. *Société de Biologie*, 22 et 29 octobre 1904, p. 292 et 307.

trace d'ombilication centrale. Leur diamètre est en moyenne de 9 μ; il peut varier de 8 à 10 μ. Il existe aussi des hématies crénelées ou muriformes dans la préparation, mais ce sont des éléments altérés. Comme Jolly et Weidenreich, l'ont montré et comme je l'ai vérifié (v. plus haut, p. 573), l'huile de vaseline modifie la forme des hématies.

Encore une remarque. De temps à autre, il paraît des travaux[1] sur la forme des hématies ou bien l'on fait dans les Sociétés savantes, des communications orales qu'on n'ose pas livrer à l'impression. Le sang paraît aux débutants d'une étude facile : le plus simple examen fait au microscope par le premier venu lui montre des choses si curieuses qu'il fait des découvertes analogues à celles de Leeuwenhoek, de Malpighi, de Gruithuisen, etc. Il prend les apparences ou les altérations mécaniques ou chimiques pour la réalité.

Les agents mécaniques, les liquides, dits *indifférents*, de même que les médiums épais, tels que l'huile de vaseline, modifient la forme et la constitution des hématies. Témoin les résultats des micrographes qui emploient ces procédés : les uns et les autres décrivent une forme *unique* soit discoïde, soit *campanuliforme*, soit *globuleuse*. Or nous savons que, dans le sang bien fixé avant toute altération mécanique ou chimique, il existe diverses formes d'hématies, les unes sphériques, les autres hémisphériques, d'autres elliptiques ou ovalaires, d'autres enfin discoïdes. Pour arriver à un résultat sérieux, il faut recourir à une méthode qui prévienne toute modification des éléments figurés du sang avant leur fixation; en second lieu, il est nécessaire de colorer convenablement les hématies fixées.

Ces considérations permettent également de comprendre comment l'examen du sang circulant, loin de lever tous les doutes, continue à donner des résultats contradictoires à des observateurs également consciencieux et distingués.

Pour observer le sang circulant, il faut s'adresser à des membranes fines et exercer une compression plus ou moins prolongée; d'où stase sanguine ou arrêt complet de la circulation. Dans ces conditions, les hématies, qui sont des solides gélatineux, se déforment constamment. Cela explique les résultats différents auxquels sont arrivés les observateurs dont je cite les suivants.

T. Lewis[2], par exemple, a examiné les capillaires du mésentère du Cobaye vivant et y a vu les hématies avec une figure campanuliforme.

Jolly[3] a étudié les hématies dans l'aile de la chauve-souris vivante : les globules libres apparaissent avec une forme discoïde; mais, ajoute l'auteur, dans les capillaires, les globules forment de longues piles que le courant amène jusque dans les veines. Comme Weidenreich (*Anatomischer Anzeiger*, t. XXVII, p. 585) le fait remarquer avec raison, cette

1. *Soc. de Biol.*, 21 octobre 1905, p. 324.
2. The shape of mammalian red corpuscles, *Journal of medical Researches*, vol. 10, n° 4, 1904.
3. *C. R. Soc. de Biologie*, t. LVIII, 1905, p. 481.

réunion en piles des globules indique une stase sanguine déterminée par la compression. En d'autres termes, Jolly a vu des hématies qui n'étaient plus normales, et dont la forme était déjà modifiée par les troubles circulatoires. Weidenreich (*loc. cit.*, p. 585) affirme avoir vu dans l'aile de la chauve-souris, et sur le mésentère du lapin la figure campanuliforme des hématies. L'examen du sang circulant ne peut donc donner que des résultats contradictoires et erronés.

L'action des meilleurs fixateurs a été contestée également et cela pour deux motifs : on fixait des formes altérées déjà ou bien on jugeait cette action d'après les effets obtenus par la dessiccation qui, nous le savons, aplatit et déforme les hématies.

Jolly[1] confirme la donnée de Weidenreich en ce qui concerne la figure sphérique ou campanuliforme que prennent les hématies dans l'acide osmique; mais, à son avis, il s'agirait d'une déformation, car l'acide osmique à 1 ou 2 p. 100 gonflerait les hématies. L'hématie prendrait la forme d'une cupule, quand son enveloppe élastique s'hydrate inégalement. « Quant à la forme sphérique, elle est toujours une altération; on ne l'observe jamais dans le sang circulant ».

Weidenreich (*Anatomischer Anzeiger*, t. XXVII, p .585, 1905) prouve, au contraire, que l'acide osmique ne gonfle pas les hématies : si à une préparation de sang dans laquelle les hématies ont déjà pris la forme biconcave, on ajoute de l'acide osmique à 1 p. 100, elles ne deviennent pas campanuliformes. Donc l'acide osmique fixe les hématies dans leur forme, réelle ou modifiée. Pour éviter les altérations de forme, il convient de fixer le sang avant de le mettre en contact avec un corps quelconque; mes constatations confirment les observations de Weidenreich (Voir plus haut, p. 587). C'est le procédé qu'a employé également H. Radasch[2]. Cet auteur a fixé les tissus de fœtus et d'enfants dans la solution de Heidenhain, sans acide acétique. Puis il les débita en coupes et colora les éléments à l'hématoxyline et à l'éosine ou avec le mélange de van Gieson.

Dans la rate, les hématies sont campanuliformes dans la proportion de 80 à 90 p. 100. Ce n'est que sur les bords des coupes qu'on aperçoit des formes biconcaves. Il met la figure biconcave sur le compte de l'air qui modifierait la figure de l'hématie avant que le fixateur l'atteigne. Les hématies sont épaisses de 5 à 6 μ et longues de 7 à 9 μ; il en est cependant qui n'ont qu'une épaisseur de 3 à 4 μ.

Dans le placenta, le sang fœtal et maternel contenait des hématies campanuliformes dans la proportion de 75 p. 100. Dans les autres organes, on en observait également avec la même configuration.

C'est l'air qui déterminerait le changement de forme et convertirait l'hématie campanuliforme en l'hématie biconcave.

Pour Radasch, l'hématie est constamment campanuliforme.

1. Sur la forme des globules rouges des Mammifères, *Société de Biologie*, 18 mars 1905, p. 343 et *Folia haematoligica*, 1906, p. 184.

2. Ein Beitrag zur Gestalt der roten Blutkörperchen beim Menschen, *Anatomischer Anzeiger*, t. XVIII, p. 600, 1906.

Critique expérimentale. — Les premiers micrographes n'examinèrent les hématies que dans l'eau; d'où les formes uniquement *sphériques*, dues au gonflement. Plus tard, on aplatissait les hématies entre lame et lamelle ou bien on les étalait sur un corps solide et on les desséchait; d'où la forme exclusivement *discoïde*. Weidenreich, Lewis, Radasch mirent en évidence la configuration semi-lunaire ou cupuliforme de la portion hémoglobique, mais ils passèrent sous silence la portion anhémoglobique. Or, dans les stades jeunes, le protoplasma anhémoglobique constitue à l'hématie une écorce renflée en ménisque dans la concavité ou sur les deux faces du croissant hémoglobique. Plus tard, cette portion hémoglobique disparaît, et l'hématie se réduit à un disque hémoglobique. La forme de l'hématie varie à chacun de ses stades évolutifs et en raison de sa constitution : à l'origine, elle est sphérique ou hémisphérique, tant que le croissant hémoglobique est comblé et entouré de protoplasma anhémoglobique; à mesure que ce dernier disparaît par fonte, l'hématie devient elliptique, lenticulaire et finalement discoïde. Comme tout organisme vivant, l'hématie évolue et change, avec l'âge, de forme et de constitution (voir *2e partie*).

V. — Constitution et structure des hématies des mammifères. Historique.

Nombreuses sont les hypothèses qu'on a émises sur la nature et la constitution des hématies des Mammifères.

a) *Constitution.* — Pour Leeuwenhoek, nous le rappellons, l'hématie serait une sphère composée de six particules dont chacune comprendrait six globules lymphatiques, ce qui aurait porté à 36 le nombre des parties constitutives d'une hématie.

Hewson[1] découvrit un centre solide ou noyau dans les hématies des Amphibiens et des Poissons; cette sphère centrale serait baignée par un fluide contenu dans l'intérieur d'une vésicule colorée. Les hématies des mammifères posséderaient la même constitution qu'il comparait à celle d'une vessie pleine et contenant, par exemple, un pois. Nous avons vu (p. 595) que Gruithuisen leur décrivit une constitution aussi étrange. Pour Everard Home (*Philos. Trans.*, t. CVIII, part. I, p. 173), la matière colorante se trouve dans l'enveloppe ou écorce qui entoure le noyau incolore.

1. *Philosophical Transactions*, 1773, t. LXIII, p. 310.

Home croyait que, trente secondes après que le sang est sorti de la veine, la matière colorante se sépare en partie du globule, se rabat autour de lui en forme de collerette, pendant que les noyaux, qu'il croyait fibrineux, s'accrochaient les uns aux autres pour former la trame du caillot.

Dès la découverte de la cellule, on compara l'hématie à une cellule véritable, composée d'un noyau, d'un contenu et d'une membrane. Schwann décrivit l'hématie comme une vésicule limitée par une membrane (Voir plus haut, p. 597).

Pour Donné, le globule rouge des mammifères est une vésicule colorée, circulaire, aplatie, éminemment flexible, contenant une matière semi-liquide.

En ajoutant au sang diverses solutions (tannin, bleu d'aniline, etc.), Roberts, Rindfleisch, Boettcher, etc., virent l'hématie gonfler, puis il s'en échappa des boules. Ce qui resta de l'hématie fut considéré comme la membrane corticale.

Beale, Rollett, M. Schultze et d'autres interprètèrent ces phénomènes d'une autre façon : les corpuscules qui s'échappent et qui prennent la forme de boules réunies en chapelet ne parleraient pas en faveur d'un contenu fluide, enveloppé d'une membrane.

b) *Structure.* — En traitant les hématies de grenouille avec de l'acide borique à 2 p. 100, Brücke vit le contenu hémoglobique se rétracter vers le noyau et se détacher de la bordure qui reste incolore. La bordure jouerait le rôle de coquille; c'est l'*ökoïde*; elle renfermerait l'hémoglobine et le noyau, qu'il appela *zooïde*.

Pour Rollett[1], l'ökoïde n'est pas une membrane bien limitée sur sa face interne; elle envoie des prolongements dans l'intérieur du zooïde et constitue le *stroma*. Par conséquent, la membrane corticale et ses prolongements forment une charpente spongieuse dont les mailles seraient remplies d'une substance dite *endosome* (zooïde de Brücke).

L'endosome est chargé d'hémoglobine amorphe. Les sels sont contenus dans le stroma.

Dans les solutions hypotoniques, les sels du globule attireraient l'eau; d'où gonflement du stroma. En même temps, l'endosome, qui gonfle également, serait expulsé du stroma.

Pour Ehrlich cité dans *mon Mémoire* de 1901, p. 673, l'hématie est formée d'un stroma et d'une membrane d'enveloppe et il donne à l'ensemble le nom de *discoplasma*. Les mailles du stroma contiendraient l'hémoglobine.

A. Bœttcher[2], en étudiant les hématies dans le sérum, y put conserver plus longtemps l'hémoglobine.

Bœttcher mit le sang du chat dans l'humeur aqueuse de l'animal qu'il venait de sacrifier; pour empêcher la compression des hématies,

1. *Pflüger's Archiv*, t. LXXXII, 1900, p. 199.
2. Entfärbung rother Blutkörperchen und Nachweis von Kernen in denselben, *Virchow's Archiv*, t. XXXIX, p. 127, 1867.

il interposa entre lame et lamelle quelques fibres musculaires striées. Dans l'espace de dix à vingt-quatre heures, toutes les hématies sont décolorées et devenues épineuses. Leurs dimensions sont moindres et varient entre 4 μ 8 et 6 μ 2. L'auteur admet que le départ de l'hémoglobine entraîne la diminution de taille des hématies.

Cette expérience ne permet pas de croire que la matière colorante soit comprise dans les mailles d'une substance incolore (stroma). L'hématie, devenue incolore, est composée d'une masse homogène, dense et compacte. Au bout de 3 à 4 jours, la substance incolore (protoplasma altéré) se décompose en granules, pendant qu'au centre apparaît un noyau qui semble entouré d'amas granuleux.

Le noyau peut encore devenir libre lorsque les granulations s'en détachent. Le noyau est circulaire, à contour peu accentué; il mesure de 2 μ 1 à 3 μ 5.

Lorsqu'on met une quantité plus considérable de sang dans une goutte d'humeur aqueuse, les hématies ne se décolorent pas.

Jolly[1] s'en tient à l'opinion de Rollett : les hématies se composent « d'un stroma, très raréfié au centre; l'hémoglobine est supportée par le stroma, formant à la périphérie une couche corticale ».

Weidenreich[2] désigne tout ce qui est à l'intérieur de la membrane enveloppante de l'hématie, c'est-à-dire le *contenu* (Inhalt) sous le nom d'*hémoglobine*. C'est l'*endosome* de Rollett, plus l'hémoglobine dont il serait chargé. Ce contenu hémoglobique ne serait pas structuré.

Telles sont les opinions admises aujourd'hui sur la constitution des hématies des mammifères. Bardeleben[3] les résume dans les termes suivants : les hématies sont entourées d'une membrane élastique, incolore et sans structure, qui contient et enclôt une masse jaunâtre, sans noyau, sans structure et de nature fluide. Il n'y a pas de stroma, c'est-à-dire de trame structurée.

Cependant des recherches faites au moyen des colorants intra-vitaux semblent montrer que la substance de l'hématie est structurée. F. Müller (*Ziegler's Beiträge*, t. XXIII, 1898) employa la coloration intra-vitale dans l'étude du sang : en ajoutant du rouge neutre au sang de mammifère, il vit apparaître dans l'hématie des granules rouges, reliés entre eux par des filaments également rouges. Le bleu de méthylène ou le violet de gentiane donnèrent à Bettmann (*Ibid.*) des résultats analogues. Maximow, Bloch, Negri constatèrent des phénomènes de structure identique, sans que les granules ou filaments intermédiaires fussent en rapport avec la membrane corticale.

Ruzicka[4] a appliqué le bleu de méthylène à l'étude des hématies de grenouille, de cobaye et des hématies humaines. Après avoir étalé le

1. *Folia haematologica*, 1906, p. 185.
2. *Archiv f. mik. Anatomie*, t. LXXXI, p. 459 et Die roten Blutkörperchen, *Ergebnisse, loc. cit.*, p. 60, 1903.
3. *Lehrbuch der systematischen Anatomie des Menschen*, 1906, p. 61.
4. Beiträge zur Kenntniss der roten Blutkörperchen, *Anatom. Anzeiger*, t. XXIII, p. 298, 1903.

sang en une couche mince sur une lamelle couvre-objet, il applique cette dernière sur une lame saupoudrée de poudre de bleu de méthylène et lute la préparation avec de la vaseline. Le bleu se dissout dans le plasma sanguin et colore les éléments figurés du sang. Les hématies montrent peu à peu des amas de granulations; celles-ci sont teintes en bleu et reliées entre elles par des filaments plus ou moins nets.

De nombreuses hématies sont pourvues d'un espace central peu ou point coloré (hématies en forme de pessaire). Si l'on dissout et enlève l'hémoglobine en ajoutant de l'acide pyrogallique à 1 p. 100, on colore en bleu violacé un réseau qui occupe tout le corps de l'hématie. Ce réseau arrive jusqu'à la surface de l'hématie, de sorte que Ruzicka ne croit pas à la présence d'une membrane corticale.

Comme nous le verrons, l'hématie n'est, à mes yeux, qu'un noyau modifié; aussi suis-je porté à considérer le réticulum mis en évidence par Ruzicka comme le reste du réticulum nucléaire.

Ces modifications et ces transformations de la substance nucléaire sont telles qu'il est fort difficile de préciser, avec les colorants seuls, la nature de l'hématie. Il faut en suivre le développement.

L'hémoglobine, dit A. Fischer[1], ne se colore point par le vert de méthyle mais se teint par l'éosine et l'orange-méthyle et très faiblement par l'induline. Cette chromophobie spécifique de l'hémoglobine est très difficile à expliquer et défie toutes les théories de coloration. Car l'hémoglobine se teint par certaines couleurs basiques; elle devrait donc posséder un acide libre pour se combiner avec un sel; le vert de méthyle devrait aussi la colorer, ce qui n'est point.

c) *Enveloppe.* — Nous serons brefs sur la membrane d'enveloppe des hématies. Voici pour quels motifs. La plupart des recherches ont été faites sur les hématies nucléées des Ovipares[2], et, à mon avis, les hématies anucléées des mammifères ont la valeur, non point d'une cellule, mais d'un noyau. Je ne citerai donc que les travaux qui ont trait aux hématies des mammifères.

Les histologistes du milieu du XIXe siècle, assimilant l'hématie des mammifères à une cellule, lui décrivirent, comme à toute cellule, une membrane d'enveloppe élastique et ductile. Plus tard on nia l'existence de cette enveloppe, Ch. Robin par exemple. Renaut (*loc. cit.*, p. 3) n'en veut pas non plus, bien qu'il admette une « différenciation de stroma globulaire à la surface du globule, consistant dans une densification de ce stroma ».

Ce point fut l'objet de recherches soignées de la part de plusieurs histologistes. Voici comment procéda Deetjen[3], pour démontrer, autour de l'hématie, l'existence d'une enveloppe vitrée, gélatineuse et extensible qui entoure l'hémoglobine. Il étale le sang sur l'agar figé, et, dans ces conditions, les hématies forment une couche d'éléments serrés, mais qui ne sont point au contact les uns des autres.

1. *Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas*, 1899, p. 96.
2. Voir Smirnow, *Anatomischer Anzeiger*, t. XXIX, p. 236, 1906.
3. Die Hülle der rothen Blutzellen, *Virchow's Archiv*, t. CLXV, p. 282, 1901.

Il met, d'autre part, le sang sur la lame porte-objet et l'étale en inclinant obliquement la lamelle dont il le recouvre. Les hématies sont toujours séparées les unes des autres par une zone très mince.

Cette zone ou enveloppe peut être colorée, si, après avoir fait une préparation comme ci-dessus, on la porte à 150° et qu'ensuite on la colore avec une solution de violet de gentiane à 2 p. 100. Alors on voit que les hématies se touchent par leur enveloppe teinte en violet, tandis que l'hémoglobine est à peine colorée.

Chaque hématie est entourée d'une enveloppe extensible et gélatineuse. Cette enveloppe correspond à la membrane des vieux auteurs; c'est grâce à elle que les hématies s'agglutinent les unes aux autres.

Deetjen parle du sang humain, mais il ajoute que les mêmes faits s'observent avec le sang de grenouilles et d'oiseaux.

La description de Deetjen s'accorde avec les faits que j'ai observés moi-même (voir p. 580 et 582) et avec ceux que je rapporterai plus loin.

Meves, après avoir fait nombre de recherches sur la membrane d'enveloppe des Ovipares, que je passe sous silence, décrit à la couche corticale des hématies des Mammifères, une structure compliquée.

Meves [1] aurait pu décéler, autour de l'hématie des Mammifères, l'existence d'une membrane. Celle-ci n'est pas tout à fait superficielle; elle tapisse la face interne de l'écorce de l'hématie; elle n'est pas close, car elle est traversée par des orifices ou pores. Plus tard (*Ibid.*, t. XXVIII, 1905), il donna à cette membrane le nom de « couche corticale ».

Lorsque les hématies se décomposent en fragments et amènent la poïkilocytose, les débris d'hématies sont constitués, d'après Ehrlich (*loc. cit.*) d'hémoglobine et de « discoplasma ».

Lorsque, sous l'influence de divers agents, dit Weidenreich (*loc. cit.*, p. 51) les hématies émettent des pointes ou des bourgeons qui s'en détachent, ceux-ci contiennent ou non de l'hémoglobine; mais chaque bourgeon se compose d'un contenu et d'une enveloppe. Lorsqu'on enlève l'hémoglobine, il persiste un reste protoplasmique, de la nature de la myéline. L'hématie serait entourée d'une membrane semi-perméable, composée de substances lipoïdes. Pour Weidenreich, cette membrane est molle, tenace, peut-être élastique.

Conclusion. — Dans les solutions salées, comme après fixation et colorations, il est facile de constater, à la surface de l'hématie anucléée, la présence d'une mince couche de protoplasma mou, visqueux et anhémoglobique. Cette couche corticale se distingue du protoplasma hémoglobique par les réactions colorantes et la manière dont elle se comporte lorsqu'on met les hématies dans

1. Die Structur der roten Blutkörperchen bei Amphibien und Säugetieren, *Anatomischer Anzeiger*, t. XXIII, p. 212, 1903.

une solution salée à 0,9 p. 100 : dans ce dernier cas, les pointes et les épines sombres se forment d'abord aux dépens de la portion hémoglobique, pour faire peu à peu saillie à travers l'enveloppe claire, encore intacte, de la surface.

d) *Ménisque anhémoglobique* (Innenkörper, reste nucléaire, nucléoïde, etc.).

Neumann (*Archiv f. Heilkunde*, t. X, p. 73) et Rindfleisch (*Archiv f. mik. Anatomie*, t. XVII, p. 23) avaient signalé, dans les cellules nucléées et hémoglobiques de la moelle osseuse, un corpuscule à situation excentrique. Rappelons que ces études furent faites sur le tissu examiné frais ou dans les sérums. Ce corpuscule était, à leur avis, le noyau de la cellule hémoglobique ou hématoblaste qui, pour se transformer en hématie, se débarrassait de son noyau. Obrastzow (*Virchow's Archiv*, t. LXXXIV, p. 358, 1881) a très bien représenté (pl. IX, fig. 3) le corpuscule de ces hématoblastes, qu'il prit également pour un noyau et il montre les divers stades de son expulsion. Il suffit de comparer les figures d'Obrastzow à mon dessin III, planche VIII, pour se convaincre qu'il s'agit de formations identiques.

Quoiqu'il en soit, tous les histologistes, qui jusqu'aujourd'hui ne se sont occupés de la question, ont considéré ce corpuscule à situation excentrique comme un noyau encore chromatique ou modifié d'une cellule en voie de transformation hémoglobique.

Löwit [1] vit dans la veine cave supérieure et le cœur gauche du lapin *adulte* « des éléments qui seraient des hématies nucléées ». Ces dernières possèdent un « corpuscule nettement granulé » qui produit l'impression de figurer un noyau. Löwit lui donne le nom de *differenzirter Innenkörper*. Souvent, ajoute Löwit, le corpuscule intérieur est situé près du bord de l'hématie, et, parfois il fait saillie hors de l'hématie.

Lavdowsky [2], étudiant le sang des mammifères et de l'homme, trouve que leurs hématies arrivées à maturité contiennent un reste de substance nucléaire, qu'il appelle *nucléoïde*. Cette substance ne possède pas les caractères de la véritable substance nucléaire [3].

1. Die Umwandlungen der Erythroblasten in rothe Blutkörperchen, *Sitzungsberichte der K. K. Akad. Wissenschaften in Wien.*, t. LXXXXV, abth. III, 1887.

2. Blut und Iodsäure und der sogenannte Chemotropismus, *Zeitschrift f. wiss. Mikroskopie*, t. X, p. 4, 1893.

3. Im grössten Theil der rothen Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere sind in vollkommenen reifen Zustande die Reste von Kernsubstanz enthalten, welche aber nur durch gewisse Reagentien hervorgerufen sind. Iene Substanz möchte ich zum Unterschiede von den wirklichen Kernen als « nucleoïde Substanz oder Kurz Nucleoïd » bezeichnen. Diese letztere Substanz ist in Verbindung mit Haemoglobin diffus durch das ganze Körperchen verbreitet, nicht aber die Substanz der wirklichen Kerne, welche sich in den Kernhaltigen rothen körperchen namentliche in den « Hämatoblasten », Erythroblasten u. dergl. vorfindet.

Im Einklang mit dem Gesagten stellt sich heraus, dass die nucleoïde Substanz viele physiologische Eigenschaften der eigentlichen Kerne entbehrt und somit von denselben unterscheiden werden muss (Lavdowsky, *loc. cit.*, p. 8).

Il emploie l'*acide iodique*, combiné avec le vert victoria, le violet de méthyle 6 B et le violet de gentiane.

Souvent les hématies qui sont juxtaposées se réunissent et s'accolent par leurs nucléoïdes; d'où l'image des *figures chimiotropiques*.

Maragliano et Castellino[1] trouvent que l'hématie en voie de nécrobiose montre une zone centrale, dénuée d'hémoglobine, qui serait capable de pousser des prolongements amiboïdes. Ces corpuscules centraux, préparés par dessiccation, prennent les couleurs d'aniline basiques et se distinguent du protoplasma hémoglobique par le fait qu'ils sont granuleux et anhémoglobiques.

Spuler[2] a vu sur les hématies du lapin à la naissance (après fixation par l'acide osmique picriqué et coloration par l'hématoxyline, puis éosine-orange), une portion centrale qui se teint par l'orange et surtout l'éosine. Ce sont des hématies jeunes. Dans les hématies adultes, cette portion centrale disparaît. Spuler considère cette portion centrale comme un reste de noyau. Donc le noyau n'est pas expulsé, il persiste dans l'hématie, tout en subissant des modifications.

Martin Heidenhain (*Archiv f. mik. Anat.*, t. XLIII) a pu colorer en noir les nucléoïdes des globules rouges qu'on observe dans la moelle des os du lapin.

Bremer (*Archiv f. mik. Anatomie*, t. XLV) reconnaît dans l'hématie une portion périphérique contenant l'hémoglobine et une portion aplatie, centrale et vésiculeuse. Dans cette dernière se trouve un petit corpuscule, représentant un rudiment de noyau.

Arnold[3] distingue également dans l'hématie des corps centraux (Innenkörper), ressemblant à des noyaux ou à des rudiments de noyaux (nucléoïdes de Lavdowsky).

Schmauch[4] a observé, dans les hématies du chat adulte, à l'état frais et après fixation, l'existence du ménisque[5] anhémoglobique (*loc. cit.*, p. 204), sous la forme d'un petit corpuscule arrondi qu'il colore avec le violet de méthyle (1 p. 100 dans une solution physiologique de sel marin). Ce corpuscule est situé au voisinage du bord du disque sanguin, souvent à son centre. Il a une réfringence verdâtre et un contour très tranché. C'est un corpuscule punctiforme ou à l'état de granulé très fin. La forme est aussi variable que la taille : les plus gros ont une portion moyenne, épaisse, munie de prolongements plus minces (fig. 1). Quelquefois ce corpuscule figure une croix, d'autres fois une mûre ou une pomme épineuse. Sur les préparations fraîches, examinées dans une solution de sel marin, ces corpuscules sont animés de mouvements propres.

1. *Zeitschrift f. Klinische Medizin*, t. XXI, 1892, p. 445.
2. Ueber die intra-cellulaire Entstehung rother Blutkörperchen, *Archiv f. mik. Anatomie*, t. XL, p. 542, 1892.
3. *Virchow's Archiv*, t. CXLIV et CLX et *Münchener Klinische Wochenschrift*, 1896.
4. Ueber endoglobuläre Körperchen der Erythrocyten der Katze, *Virchow's Archiv*, t. CLVI, p. 201, 1899.
5. So bemerkt man in den vollkommen runden, wohl durch den Druck des Deckgläschens etwas wenir biconcave als gewöhnlich erscheinenden Blutscheiben fast überall ein Kleines rundliches Körperchen.

L'acide acétique à 2 p. 100 ou l'huile de cèdre sépare l'hématie en ökoïde (sphère colorée de Rollett) et en zooïde (portion non colorée ou stroma de Rollett).

Dans le violet de méthyle, ces corpuscules deviennent libres et sont animés de mouvements. On croirait voir des êtres vivants. Lorsque le corpuscule se trouve encore dans l'hématie et occupe une position excentrique, on croirait le voir en train d'en sortir (expulsion du noyau d'après Rindfleisch).

Ces corpuscules à l'état frais ou sec se colorent avec le violet de méthyle, *colorant basique*.

Il est difficile de faire des préparations persistantes montrant ces corpuscules [1].

Schmauch a montré par l'expérimentation que ces corpuscules ne sont pas de nature parasitaire.

Smith et Kilborn (cités par Schmauch) ont décrit dans les hématies du bétail atteint de la fièvre du Texas des parasites qui sont morphologiquement comparables aux corpuscules endoglobulaires des hématies du chat. Sous l'influence de l'acide acétique, les parasites exécutent

1. Pendant que je corrigeais ces épreuves, parut une note de MM. Jolly et Vallé sur les hématies du chat (*Soc. de Biologie*, 3 nov. 1906, p. 350). On y lit : « La plupart des corpuscules endoglobulaires qu'il (Schmauch) a décrits, sinon tous, répondent simplement à une altération banale et bien connue due à la technique qu'il employait et aussi à l'altérabilité assez grande du sang du chat. » Selon MM. Jolly et Vallé, Schmauch n'a employé qu'un *seul* procédé : « il a examiné le sang du chat dans l'eau salée physiologique, colorée par le violet de méthyle ».

La lecture de cette note me fit d'abord croire que je m'étais trompé en rédigeant le texte de mon mémoire. Je relus à nouveau le travail de Schmauch. Outre le procédé sus-mentionné, Schmauch en employa d'autres (*loc. cit.*, p. 210) : il fixa le sang par la chaleur, et, dans ces préparations ainsi faites, il vit les hématies munies d'un corps endoglobulaire, arrondi ou ovalaire, avec des prolongements globuleux. « Im Trockenpräparat erschinen die Kleinsten Körperchen meist rundlich, oval, oder mit ein oder zwei klumpichen Forsätzen versehen ». Schmauch (*loc. cit.*, p. 203) porta la probité scientifique jusqu'au scrupule : pour s'assurer que le corps endoglobulaire ne résulte pas de l'altération de l'hématie, il fixa le sang du chat par les liquides de Pacini ou de Hayem, par le sérum iodé et l'acide osmique. « Es handelt sich also um Keine Kunstproducte, wie auch durch das Vorhandsein der betreffenden Gebilde bei Untersuchungen in Hayem-Pacini's Flüssigkeit, in Iodserum und 1 p Ct Osmiumsäure bewiesen wird. »

Ces citations me semblent péremptoires : Schmauch a pris toutes ses précautions pour ne pas décrire des artefacts, pour ne pas prendre les apparences pour la réalité. Rien ne justifie donc la critique de MM. Jolly et Vallé, qui ont eu recours « aux méthodes usuellement employées pour la confection des préparations persistantes ». Pour juger des résultats différents obtenus par MM. Jolly et Vallé, il faudrait connaître les détails de leur technique.

Plusieurs mois avant la note de MM. Jolly et Vallé, j'ai pu, par une méthode nouvelle (*Soc. de Biologie*, 7 juillet 1906, p. 9) confirmer les données de Schmauch : les hématies du chat possèdent un corps endoglobulaire. Ce n'est que sur la signification de ce corps que je m'éloigne de Schmauch qui en fait un noyau atrophié. A mon avis, il ne s'agit là que du ménisque anhémoglobique qu'on observe dans les hématies des autres Mammifères, l'homme y compris. L'hématie tout entière d'un mammifère adulte et bien portant a la valeur d'un noyau ordinaire et le ménisque anhémoglobique correspond à une portion du protoplasma achromatique du noyau originel.

des mouvements tout comme les corpuscules endoglobulaires des hématies du chat.

Celli et Santori comparent également l'épidémie qui atteint le bétail de la campagne romaine à la fièvre du Texas; Ali Krogius et von Hellens, en Suède, Babes, en Roumanie, attribuent l'hémoglobinurie du bétail au même parasite.

Schmauch a trouvé les corpuscules endoglobulaires chez tous les chats bien portants (18) qu'il a examinés à Königsberg en Prusse. Ces corpuscules ne sont pas des parasites. Pour Schmauch, ils représentent des rudiments ou restes de noyaux.

Schmauch a injecté à des chats des toxines qui agissent sur les hématies, et, spécialement de la pyrodine et de l'extrait de bothriocéphales. Ces poisons entraînent de l'anémie et l'augmentation des corpuscules endoglobulaires.

Smith parle également d'érythrocytes pourvus de « coccus like bodies », qui se colorent avec le bleu de méthylène, qui occupent la périphérie de l'hématie, mesurent 1 à 2 μ et qu'on pourrait confondre, avec les parasites de la fièvre du Texas.

Schmauch propose l'explication suivante : les noyaux des normoblastes subissent une transformation chimique quand ces éléments tombent dans le sang; la *basichromatine* se convertit en *oxychromatine* qui n'a plus qu'une seule propriété nucléaire, celle de conserver une grande affinité pour le violet de méthyle.

Maximow[1] fait des préparations sèches de sang et les chauffe à 120° pendant deux heures, puis il les colore à l'éosine (1/4 heure) et ensuite dans une solution de bleu de méthylène (quelques secondes).

Dans ces préparations, les nucléoïdes se colorent en brun violacé et occupent le centre de l'hématie; d'autres fois, ils prennent une teinte rouge sale. Maximow regarde les nucléoïdes comme des restes nucléaires. Parfois on y observe un point clair. Pour Maximow, la portion centrale de chaque hématie de l'homme et des mammifères, contient (en face des deux dépressions) une formation analogue à un noyau. Elle se colore par l'éosine et le bleu de méthylène, ainsi que par l'hématoxyline au fer, combinée au rouge Bordeaux. La structure du nucléoïde est *probablement* réticulée ou fibreuse.

Quelle est la situation exacte du nucléoïde?

Maximow, le premier, en détermine les rapports réels : le nucléoïde n'est pas situé à l'intérieur de l'hématie; il en occupe la surface. « Les coupes, dit-il, permettent d'affirmer que le prétendu nucléoïde ou protoplasma clair n'occupe jamais l'intérieur de la portion dense, colorable de l'hématie; il est toujours à sa surface. Ce sont les vues de face qui ont induit les auteurs en erreur.

Quant à son sort, Maximow pense qu'il est le suivant : le nucléoïde sort de l'hématie par mouvement propre (schlüpft heraus) et se détache

1. Ueber die Structur und Entkernung der rothen Blutkörperchen der Säugetiere, etc. *Arch. f. Anatomie u. Physiol.*, 1899, Anat. Abth., p. 33.

ensuite de l'hématie pour donner naissance aux plaquettes sanguines.

A. Petrone a fait des recherches considérables sur le sang. Il donne l'index complet et le résumé de ses travaux dans les *Archives italiennes de Biologie*, t. XXXVI, p. 365, 1901.

Dès 1895, Petrone contata la présence d'un *noyau* visible à la périphérie du globule rouge des mammifères. Ce noyau correspond aux diverses phases du *zooïde* décrit par Brücke. Par sa réfraction et sa colorabilité, ce petit corps se distingue du reste de l'hématie. Le chlorure d'or et le nitrate d'argent lui confèrent une teinte spéciale.

Ce noyau contient le fer de l'hématie, et la chromatine du noyau diminue et disparaît, à mesure que le fer se combine à la masse albuminoïde du noyau. Le contenu du noyau de l'hématie adulte des mammifères a une *fonction basique* (affinité pour les couleurs acides) et une *réaction basique* (présence de la substance ferreuse).

Cette substance ferreuse du noyau des érythrocytes peut se transformer en composé ferrique (sulfate ferrique) lorsqu'on y fait agir l'acide sulfurique.

En résumé, pour Petrone, le noyau des hématies existe, mais il échappe à la vue à cause de la condensation du protoplasma qui l'entoure et qui s'enrichit en hémoglobine. En éclaircissant et en raréfiant le protoplasma, Petrone arrive à mettre le noyau en évidence.

Negri[1] emploie la méthode de Petrone : l'acide osmique (1/4000e), l'acide picrique (1/4000e); ensuite, il colore au carmin formique conseillé par Petrone.

Dans ces conditions, le noyau représente une formation excentrique, c'est-à-dire située à la périphérie de l'hématie.

Le noyau est refoulé vers la membrane avec laquelle il se fusionne, d'après Petrone. De plus, Petrone lui décrit une structure granuleuse et des aspects de division mitosique.

En étudiant le sang du fœtus du lapin, Negri vit et dessina le noyau mentionné par Petrone dans l'hématie adulte.

Cesaris-Demel[2] rappelle que Maximow, Israël, Pappenhein avaient vu des grains colorables dans les érythrocytes embryonnaires. Il en existe également dans le sang circulant de l'adulte, et, les érythrocytes qui en sont pourvus représenteraient des hématies jeunes.

Avec le bleu de méthylène (1 p. 100 en solution physiologique de sel marin), Cesaris-Demel colore chez le lapin normal une partie de l'hématie. Si l'on emploie le rouge neutre, la coloration est plus rapide, presque instantanée, et, la substance chromatophile, endoglobulaire, prend une couleur rouge-rouille. L'hémoglobine ne se colore que d'une façon diffuse par le rouge neutre; les portions de l'hématie contenant de l'hémoglobine présentent une couleur cuivrée très diffuse.

1. Ueber die Persistenz des Kernes in den roten Blutkörperchen erwachsener Säugethiere, *Anatomischer Anzeiger*, t. XVI, p. 33, 1899.

2. De la substance chromatophile endoglobulaire, *Archives italiennes de Biologie*, t. XXXVI, p. 274, 1901.

Les conclusions précédentes qui se rapportent au lapin peuvent, d'après quelques essais, s'étendre aux autres animaux et à l'homme.

E. Bloch [1] empoisonne des lapins avec de la pyrodine et observe dans leurs hématies des granulations (Körner) qu'il colore avec le violet de méthyle. Il oppose ces granulations au corps endoglobulaire (Innenkörper) que Schmauch a décrit dans les hématies du chat. Il les en distingue même en ajoutant qu'il confirme la description de Schmauch tout en soutenant le contraire. Pour expliquer ces granulations, Bloch incrimine tantôt le sang du chat, tantôt la pyrodine, tantôt le violet de méthyle; il discute toutes les opinions sans avoir pris la précaution de fixer le sang d'une façon précise, puis de colorer convenablement les hématies; il juge avant d'avoir acquis le moindre élément d'appréciation.

Critique expérimentale. — Le corpuscule de l'hématie décrit sous les noms de *reste nucléaire*, d'*Innenkörper*, de *nucléoide*, de *corpuscule endoglobulaire*, de *substance chromatophile endoglobulaire*, etc., n'est, de par sa situation et ses réactions micro-chimiques, qu'une portion épaissie de la partie anhémoglobique de l'hématie.

Il correspond au ménisque anhémoglobique.

Le développement confirme cette donnée et précise l'origine et la nature de ce corps : il est bien d'origine nucléaire, mais correspond, non point à la portion chromatique, mais à la substance achromatique du noyau (fig. VI, pl. VIII); à mesure que la chromatine devient hémoglobique, la substance achromatique du noyau s'accumule en un ménisque anhémoglobique qui occupe la concavité du croissant hémoglobique. Sur son pourtour, il est continu avec la couche corticale anhémoglobique du noyau.

VI. — Réunion en piles. — Historique.

Hewson le premier, dans ses remarquables recherches citées plus haut, a signalé la tendance qu'ont les globules rouges à se rapprocher les uns des autres comme des rouleaux de pièces de monnaie renversées.

Pour Ch. Robin [2], la réunion des globules rouges en pile « est simplement la conséquence d'un commencement d'altérations des hématies placées dans un sérum un peu modifié, hors des vaisseaux ».

Les globules rouges laisseraient alors exsuder à leur surface une

1. Beiträge zur Hämatologie, *Zeitschrift f. Klinische Medicin*, t. XLIII, 1901, p. 434 et suivantes.

2. Note sur quelques points de l'anatomie et de la physiologie des globules rouges du sang, *Journal de Physiologie*, MDCCCLVIII, p. 295.

matière visqueuse et assez tenace, d'une extrême transparence. « C'est à la présence de cette matière que les globules doivent la propriété de se réunir en *piles*, lorsque par suite des mouvements réguliers ou oscillatoires que leur impriment les courants du sérum, ils viennent à se rencontrer. On les voit alors se réunir de deux manières. Tantôt plusieurs adhèrent à la suite les uns des autres, par une moitié ou les deux tiers de leurs faces et constituent des séries de globules imbriqués obliquement. D'autres fois, ils se disposent face à face et forment des piles plus ou moins longues, dans lesquelles les disques ne présentent absolument que leurs tranches ou bords à l'œil de l'observateur. »

Tous les petits globules sphériques ou à peu près, échappent à cette agglutination, c'est-à-dire qu'ils ne se mettent jamais en pile.

Si l'on exerce une pression sur les hématies réunies en pile, et qu'on les écarte légèrement, on constate qu'elles sont retenues par une matière visqueuse qui ne se voit qu'autant qu'on n'emploie pas une lumière trop intense.

« Quant à la cause qui amène l'exsudation visqueuse, elle semble être simplement due à une légère concentration du sérum dans lequel nagent les globules ».

Mon maître Ch. Robin n'examinait que le sang frais, sans fixation et sans coloration, et il ne croyait pas à l'existence constante ni préformée de la couche anhémoglobique qui existe normalement à la surface des hématies.

L'agglutination des hématies tient à une modification et à un commencement d'altération de cette couche corticale et non point à l'exsudation d'une substance, puisque celle-ci existe déjà à la surface des hématies normales.

Pour Welcker (*loc. cit.*), les hématies se réunissent en piles de monnaie en vertu de l'attraction qu'éprouvent les uns pour les autres les corpuscules flottant dans un liquide. Dans ces conditions, elles s'accolent par leur plus grande surface. N'ayant pas compris le processus, Welcker invoque la loi de l'attraction universelle.

Dogiel[1] fait remarquer que cette attraction n'explique pas la solidité des piles qui, sans se disjoindre, résistent aux chocs et aux pressions. Comme Ch. Robin, il admet la production d'une substance spéciale qui agglutinerait les hématies les unes aux autres. Dogiel pense que cette substance agglutinante n'est autre que la fibrine, parce que toutes les conditions qui empêchent ou retardent la formation de la fibrine sont peu favorables au développement des piles.

Ed. Weber et Suchard[2] ont fait un grand nombre d'expériences sur le sang de la plupart des mammifères domestiques. L'empilement des hématies ne dépend pas de la formation de la fibrine, car il se produit dans le sang défibriné.

1. Ueber die Ursache der Geldrollenbildung im Blute des Menschen und der Thiere, *Archiv. f. Anat. u. Physiol.*, Physiol. Abth., p. 222, 1879.

2. De la disposition en piles qu'affectent les globules rouges du sang, *Archives de physiol. normale et pathol.*, 1880, p. 521.

« Essentiellement ductiles et malléables, d'une consistance demi-solide et presque visqueuse, ils (les globules rouges) sont entourés d'une membrane d'enveloppe. Cette membrane, très mince, ductile elle-même au plus haut degré, leur permet de prendre les formes les plus variées, de se replier en bissac sur un éperon vasculaire, de s'allonger en forme de poire quand ils sont retenus par une extrémité, etc. De plus, cette membrane se soude à elle-même avec la plus grande facilité... S'ils (les globules rouges) sont unis ensemble, cela tient à la nature même des couches qui les limitent. En effet, si l'on modifie ces surfaces par des réactifs qui, sans changer la forme des globules, les durcissent ou les tannent, ils ne peuvent plus s'empiler... Si les globules se mettent en rapport par leur plus grande surface, se soudent entre eux, c'est grâce à la ductilité, à l'élasticité et à la propriété adhésive des couches qui les limitent ».

Lavdowsky (*loc. cit.*, p. 13) traitant le sang de chien avec le violet de méthyle et l'acide iodique, vit les hématies se disposer en groupes de 2 à 10, comme si elles tendaient à se mettre en piles. En même temps, leurs nucléoïdes (notre ménisque anhémoglobique) se mettaient en contact les uns avec les autres et confluaient en un tractus unique. La confluence des nucléoïdes et l'accolement des hématies détermineraient des images spéciales que Lavdowsky propose d'appeler « figures chimiotropiques du sang ».

Conclusion. — Lavdowsky ne fait que décrire sous un nom nouveau l'agglutination des hématies; mais, au lieu de la mettre sur le compte d'une membrane périphérique, il l'attribue à un corpuscule spécial, situé, il le dit expressément (p. 14) le plus souvent sur l'une ou l'autre face de l'hématie.

Grâce aux colorants, il a pu très bien mettre en évidence le ménisque anhémoglobique.

Les observations de Ed. Weber et Suchard sont importantes; mais leur travail laisse beaucoup à désirer au point de vue historique et quant à l'interprétation des faits. En effet, la couche corticale, quoique ductile, ne va pas jusqu'à devenir visqueuse et à s'agglutiner à celle des hématies voisines tant que le sang circule, c'est-à-dire qu'il est vivant. Il faut un commencement d'altération pour produire l'empilement. D'autre part, ces auteurs n'expliquent point pour quelles raisons les hématies se mettent toujours en rapport par leurs plus grandes surfaces. Mes dessins (III, IV et V, pl. VIII) montrent que la couche corticale ou anhémoglobique est toujours plus développée sur l'une ou l'autre face de l'hématie que sur le reste de l'élément. Aussi les hématies s'agglutinent-elles de préférence aux points où la couche anhémoglobique est la plus

épaisse. Si les petites hématies sphériques ont moins de tendance à se mettre en pile, c'est que leur couche corticale anhémoglobique est encore dense et s'altère moins vite.

VII. — Plaquettes du sang et phénomènes morphologiques de la coagulation du sang. — Historique.

A. — *Plaquettes du sang* (hématoblastes, blood-plates, plasmocytes, thrombocytes). — Malgré des recherches innombrables sur les corpuscules qui ont reçu les dénominations sus-mentionnées, on continue à être peu renseigné sur leur nature et leur origine.

Hewson (*loc. cit.*) découvrit les globules blancs du sang et parla, de plus, de « granulations libres ».

Donné[1] décrivit, à côté des globules rouges et blancs, des *globulins* qui « sont de petits grains n'ayant pas plus de 1/300 de millimètre de diamètre et en tout semblables aux globulins du chyle ».

Fr. Arnold[2] parla également de corpuscules élémentaires (Elementarkörner) du sang.

Zimmermann[3] revendiqua la découverte qu'il aurait faite, en 1846, des corpuscules ou vésicules élémentaires du sang : ces corpuscules dériveraient de la lymphe et représenteraient les ébauches des globules rouges du sang.

Hayem[4] appelle de nouveau l'attention sur cette troisième forme des éléments du sang; il les appelle *hématoblastes*, parce que, à son avis, ils sont destinés à devenir des hématies.

Pour en faire l'étude, il conseille de diluer le sang avec du sérum iodé (liquide amniotique iodé). On aperçoit ainsi dans le sang des éléments exigus et délicats. Leur diamètre est en effet de 1 μ 5 à 3 μ. Dans les préparations faites par dessiccation, les hématoblastes de l'homme mesurent de 2 μ à 5 μ 7. Les plus nombreux ont, en général, de 3 μ à 4 μ 5. Leur forme est nettement *discoïde* et *biconcave*.

« Dans le sang pur ou dilué avec du sérum iodé, la plupart de ces éléments paraissent incolores ou d'un gris verdâtre pâle. Un certain nombre d'entre eux, et en général les plus gros, sont cependant déjà plus ou moins nettement colorés par de l'hémoglobine; de sorte qu'il existe ainsi des éléments intermédiaires entre les hématoblastes incolores et les globules rouges ».

Bizzozero[5], examinant le sang circulant (mésentère de lapin ou de

1. *Comptes Rendus*, 1842.
2. *Handbuch der Anatomie des Menschen*, 1845.
3. Zur Blutkörperchenfrage, *Virchow's Archiv*, t. XVIII, 1860.
4. *C. R.*, 31 décembre 1877 et *Recherches sur l'Anatomie normale et pathologique du sang*, 1878, p. 132.
5. Sur un nouvel élément morphologique du sang chez les Mammifères, *Archives de Biologie*, t. I, p. 1.

cobaye chloralisés), y vit circuler, outre les hématies et les leucocytes, des plaquettes pâles, incolores, d'un diamètre égal au tiers ou à la moitié de celui des globules rouges, sous la forme de disques ou de lentilles ovalaires ou arrondies.

En colorant le sang par le violet de méthyle dissous dans la solution physiologique de sel marin, Bizzozero put déterminer leur forme. Il pensa que ces plaquettes sont incolores et ne contiennent jamais d'hémoglobine.

Dans les *Archives de Virchow* (t. XC, 1882), Bizzozero publia un travail complet sur les plaquettes sanguines et essaya de montrer qu'elles jouent un rôle capital dans la coagulation du sang : la fibrine précipite aux points où les plaquettes sont réunies; on retarde ou l'on empêche la coagulation du sang, dès qu'on retarde ou empêche la dégénérescence des plaquettes.

Pour la plupart des auteurs, les plaquettes sanguines résultent de la métamorphose régressive des leucocytes ou des hématies [1].

J. Hlava [2] conclut de ses études sur le sang que les plaquettes du sang ne se forment pas seulement pendant la vie; elles prennent naissance quand le sang se coagule grâce à la désagrégation ou la destruction des globules blancs; nombre de plaquettes sanguines sont dues à la mise en liberté des noyaux des leucocytes polynucléaires. En un mot, les plaquettes du sang sont des dérivés des globules blancs.

Gibson, Hauser, Zenker, etc., pensent également que les plaquettes du sang dérivent des globules blancs. Howell précise davantage : le noyau du globule blanc se fragmenterait pour leur donner naissance.

Lilienfeld [3] a soumis les plaquettes à l'action des réactifs les plus variés et conclut de ses recherches chimiques : la substance granuleuse des plaquettes se compose de nucléine, tandis que leur substance homogène est formée d'albuminoïdes. Il propose de les désigner sous le nom de *plaquettes de nucléine*. Les plaquettes du sang dériveraient du noyau des leucocytes.

Max Schultze, Ries, Hlava, Halla, Czermak, etc., regardent ces corpuscules comme résultant de la désagrégation des globules blancs ou provenant de la sortie du noyau de ces derniers.

Pour Czermak [4], les plaquettes de sang seraient des bourgeons détachés du noyau des cellules des glandes lymphatiques, après la destruction du protoplasma de ces cellules.

L'École de Dorpat (Alexandre Schmidt, Slevogt, Semmer et Feiertag) pense que les plaquettes sanguines dérivent des « sphères rouges », c'est-à-dire de certains éléments leucocytaires qui sont en train de se transformer en hématies.

1. Voir l'historique détaillé dans Ernst Schwalbe, *Untersuchungen zur Blutgerrinnung*, 1900, p. 47.
2. Die Beziehung der Blutplättchen, etc., *Archiv f. experimentelle Pathologie*, 16e vol., 1883, p. 409.
3. Haematolisgche Untersuchungen, *Archiv. f. Anat. u. Physiol.*, Phys. Abth., 1892.
4. *Archiv f. mik. Anatomie*, t. XLII.

Klebs, Ponfick, Welti, Mosso, Bremer, Wlassow et J. Arnold croient, au contraire, que ce sont les hématies qui produisent les plaquettes sanguines. Certaines portions de l'hématie se détacheraient, par bourgeonnement et étranglement, du corps de l'élément.

Wlassow[1] plonge des vaisseaux remplis de sang normal dans la solution de sublimé; ce sang ainsi fixé contient de petites granulations. En les fixant dans un mélange de sublimé concentré et de bichromate de potasse à 5 p. 100, il trouve des granulations plus grandes, arrondies ou ovalaires. Si on les colore avec l'hématoxyline et l'éosine, elles fixent difficilement l'hématoxyline et sont difficiles à distinguer des globules rouges. Ces granulations sont les plaquettes du sang. Souvent elles sont entourées d'une auréole claire qui est composée d'une masse homogène que Hayem avait déjà signalée après l'action du sublimé.

Si, à l'exemple de Wlassow, on recueille du sang dans une solution saturée de sublimé (additionnée de cinq parties d'eau) et que l'on agite vivement avant que commence la coagulation, on voit saillir de presque tous les globules rouges une sorte de *bourgeon* que les auteurs cités ont regardé comme une plaquette sortant du globule. Ce bourgeon, à première vue, paraît ressembler aux plaquettes, *mais il n'est jamais aplati*; *il est de structure homogène et a très fréquemment une légère coloration hémoglobique*; *les plaquettes*, au contraire, sont *toujours aplaties*; *elles sont granuleuses et toujours incolores.*

Pour Scherer[2], les plaquettes sanguines sont dépourvues d'hémoglobine, tandis que les bourgeons qui se détachent des hématies sont hémoglobiques.

J. Arnold[3], traitant le sang par une solution d'iodure de potassium à 10 p. 100, vit les hématies émettre des prolongements ou bourgeons dont les uns étaient hémoglobiques et les autres anhémoglobiques : les premiers seraient formés par la masse hémoglobique de l'hématie, tandis que les autres partiraient de la portion anhémoglobique ou nucléoïde. Ce nucléoïde représenterait le noyau dégénéré de l'hématie nucléée ou jeune.

Maximow[4] colore avec le bleu de méthylène et l'éosine les globules rouges fixés par dessiccation. Il trouve que le globule rouge contient un corpuscule central, qui rappelle un noyau; ce corpuscule central sort du globule rouge et alors le globule rouge semble se transformer en une plaquette du sang. Maximow doute qu'il existe dans le sang circulant des plaquettes sanguines.

1. Untersuchungen über die histologischen Vorgänge bei der Gerinnung und Thrombose mit besonderer Berücksichtigung der Entstehung der Blutplättchen, *Ziegler's Beiträge*, t. XV, 1894, p. 543.

2. *Zeitschrift für Heilkunde*, t. XVII, 1896.

3. Zur Morphologie und Biologie der rothen Blutkörper, *Virchow's Archiv*, t. CXLV, p. 1, 1896.

4. Ueber die Structur und Entkernung der rothen Blutkörperchen der Säugethiere und über die Herkunft der Blutplättchen, *Archiv für Anat. Physiol.*, Anat. Abtheilung, 1900, p. 3.

En un mot, le globule rouge sans noyau serait un érythrocyte d'abord nucléé et le noyau serait sorti pour former une plaquette du sang.

Ernst Schwalbe (*loc. cit.*, p. 49) emploie la méthode de J. Arnold; il recueille le sang sur une mince tranche de moelle de sureau qu'il met sur la face inférieure d'une lamelle et qu'il porte dans une excavation de la lame porte-objet.

Ce procédé empêche la compression des hématies entre les lamelles de verre, mais n'évite pas leur contact avec les alvéoles solides de la moelle de sureau.

Préparées ainsi, les hématies montrent d'abord leur figure ordinaire avec la dépression centrale et se disposent en pile. Puis apparaissent des pointes, des excroissances ou des bourgeons sur quelques hématies. Ces bourgeons se pédiculisent et enfin se détachent. Souvent une hématie est recouverte de nombreuses pointes ou bourgeons; d'où sa figure de pomme épineuse ou de mûre.

Ceci se passe en quelques minutes et avant la coagulation du sang.

Foà [1] fait agir des colorants divers sur les hématies et les plaquettes du sang pour savoir si leur substance est identique. Pour Foà, le nucléoïde des hématies diffère des plaquettes du sang.

Pour Loewit [2], Wooldridge [3] et d'autres, les plaquettes sanguines seraient dues à la précipitation des globulines du sang.

G. Fano [4] trouva que la lymphe ne renferme pas d'hématoblastes ou plaquettes sanguines. En y ajoutant de l'eau ou de l'acide carbonique, il vit la lymphe se coaguler et les nodules du réticulum étaient occupés par les globules blancs.

En empêchant la coagulation du sang par la peptonisation, Fano a retrouvé les plaquettes sanguines dans le sang qui ne se coagule plus spontanément. S'il ajoute de l'eau ou de l'acide carbonique, il fait coaguler le sang peptonisé. Alors les nodules du réseau sont occupés par des plaquettes sanguines ou par des leucocytes.

En peptonisant trois chiens et en recueillant la lymphe du canal thoracique, il trouva qu'elle ne coagulait plus spontanément et ne renfermait pas de plaquettes sanguines. Par l'addition d'eau ou d'acide carbonique, il obtint un coagulum aussi abondant que dans le sang.

Par conséquent, ce sont les globules blancs qui sont le point de départ de la formation du caillot.

Wright [5] a étudié l'origine et la structure des plaquettes de sang dans la moelle osseuse et la rate. Elles y dériveraient de cellules géantes (mégacaryocytes) dont se détacheraient des fragments protoplasmiques donnant chacun naissance à une plaquette sanguine. Ces plaquettes se

1. Sur les plaquettes du sang, *Archives italiennes de Biologie*, t. XXXIII, p. 83, 1900.
2. Ueber die Präexistenz der Bluttplättchen, *Virchow's Archiv*, t. CXVII.
3. *Die Gerinnung des Blutes*, Leipzig, 1891.
4. Beiträge zur Kenntnisss der Blutgerinnung, *Centralblatt f. d. medic. Wissenschaften*, 1882, p. 210.
5. Die Entstehung des Blutplättchen, *Virchow's Archiv*, t. CLXXXVI, p. 55, 1906.

composent : 1° d'une portion centrale, granuleuse; 2° d'une zone périphérique, homogène et hyaline.

Les observations précédentes se rapportent à des éléments sanguins représentant, en somme, des fragments protoplasmiques libres, hémoglobiques ou anhémoglobiques. Dans mon *mémoire de 1901*, p. 680, je les ai déjà considérés comme des particules détachées des leucocytes ou des hématies et en voie de dissolution.

Depuis cette époque, on a distingué des plaquettes du sang de véritables *éléments nucléés* qui ont reçu des noms variés.

Depuis longtemps, Vulpian (*C. R.* 4 juin 1877) avait montré que, chez les grenouilles saignées, le sang contient, outre les hématies ordinaires et les leucocytes, des cellules sphériques, à noyau volumineux et à faible corps cellulaire. Le corps cellulaire s'accroît, puis se charge d'hémoglobine et se transforme en hématie.

MM. Hayem et G. Pouchet ont confirmé ces faits : M. Hayem donna à ces éléments jeunes se transformant en hématies le nom d'*hématoblastes*, tandis que G. Pouchet les désigna par celui de *noyaux d'origine*, dérivant chez le triton probablement de la rate.

Eisen [1] distingue les plaquettes du sang, ou blood-plates, vraies des plaquettes fausses : ces dernières représentent des fragments de leucocytes ou d'hématies ou des précipités de fibrine et de globuline. Les vraies plaquettes du sang de l'homme sont des cellules qu'il appelle *plasmocytes*, et qui contiennent des sphères périphériques et centrales. Pour Eisen, les plasmocytes dérivent des hématies nucléées; le noyau des plasmocytes est toujours en voie de désagrégation.

Deckhuyzen [2] observa des éléments analogues dans la lymphe de nombreux invertébrés et dans le sang des vertébrés. Ce sont des cellules fusiformes, amiboïdes, pourvues d'un noyau ovalaire; elles sont limitées par un contour lisse dans le sang circulant; mais, dès que le sang sort des vaisseaux, ces cellules modifient leur forme en raison de leur grande vulnérabilité et émettent des prolongements ou lamelles amiboïdes qui se réunissent avec celles des éléments voisins; d'où la formation de gros amas cellulaires. Deckhuyzen propose pour ce motif de les désigner sous le nom de *thrombocytes*.

Giglio-Tos [3] observe également des éléments fusiformes qu'on trouve dans le sang des vertébrés inférieurs; ce sont des *thrombocytes*. Pour Giglio-Tos, le thrombocyte est un élément du sang, une cellule distincte de l'hématie et du leucocyte.

1. On the blood-plates of the human blood, etc., *Journal of Morphology*, t. XV, 1899, p. 636.

2. Ueber die Thrombocyten (Blutplättchen), *Anatomischer Anzeiger*, t. XIX, 1901, p. 527.

3. I Thrombociti degli Itiopsidi e dei Sauropsidi, *Accademia Reale delle Scienze di Torino*, anno 1897-1898.

Chez les mammifères eux-mêmes, les *plaquettes du sang représenteraient des éléments nucléés* ou *thrombocytes*.

D'après Deetjen[1], lorsque le sang humain est préparé sur agar, les plaquettes ont un noyau qui présente la forme d'une tache arrondie de teinte verdâtre. On distingue dans cette tache un réticulum à mailles étroites et remplies d'une substance moins réfringente.

Ce noyau n'est pas visible sur le sang desséché, mais l'acide osmique ou le liquide de Flemming le fixent et l'hématoxyline au fer le met en évidence en le colorant. Le métaphosphate de soude conserverait à l'état vivant les plaquettes qui représenteraient des disques sans structure, pourvus chacun d'un noyau et possédant des mouvements amiboïdes.

F. Kopsch[2] confirme les faits annoncés par Deetjen et Deckhuyzen. Il distingue nettement les thrombocytes, c'est-à-dire les petites cellules nucléées, à mouvements amiboïdes, d'avec les plaquettes sanguines qui seraient des débris ou des dérivés d'hématies et de leucocytes.

Pour montrer le noyau et les mouvements amiboïdes des thrombocytes, Kopsch emploie les plaques d'agar, y étale la goutte de sang (humain) et borde la préparation avec de la paraffine liquide. Les thrombocytes ont, dès le début, une figure étoilée et sont pourvus d'un noyau. Quelques minutes plus tard, les prolongements de ces éléments s'allongent et deviennent plus gros. Ces éléments se déplacent dans la préparation.

En s'altérant et en se décomposant, les thrombocytes donnent naissance au réseau fibrineux.

Kopsch[3] colore le noyau des thrombocytes au vert de méthyle, qui on le sait, teint la nucléine (chromatine) en vert. La thionine le colore également. La pepsine additionnée d'acide chlorhydrique dissout le thrombocyte, sauf le noyau.

Pour étudier les thrombocytes, Kopsch conseille : 1° de détacher de petits fragments d'épiploon de mammifères, de les mettre entre lame et lamelles et de luter la préparation à la paraffine; 2° de recevoir sur une lamelle une gouttelette de sang et de renverser la lamelle sur la lame porte-objet pour l'étudier à un fort grossissement; 3° de faire des préparations après avoir fixé le sang avec l'acide osmique, le métaphosphate de soude, le liquide de Hayem, etc.; 4° de colorer le sang frais avec le violet de méthyle, etc.

Même sur les préparations de sang fixé par dessiccation, Kopsch a réussi à colorer d'une façon distincte les noyaux des thrombocytes. Voici comment il procède : la préparation de sang desséché est mise : 1° dans une solution de thionine; 2° lavée à l'eau; 3° colorée dans une

1. Untersuchungen über die Blutplättchen, *Virchow's Archiv*, t. CLXIV, 1901, p. 239.

2. Die Thrombocyten (Blutplättchen) des Menschenblutes und ihre Veränderungen bei der Blutgerinnung, *Anatom. Anzeiger*, t. XIX, p. 541, 1901.

3. Ueber den Kern der Thrombocyten und über einige Methoden zur Einführung in das Studium der Säugerthierthrombocyten, *Internationale Monatschrift f. Anat. u. Physiol.*, t. XXI, 1904, p. 344.

solution aqueuse d'acide picrique. Après dessiccation nouvelle, elle est incluse dans le baume de Canada. Les noyaux des leucocytes sont bleu foncé, ceux des thrombocytes restent bleu clair.

Critique expérimentale et conclusions. — Cette longue liste montre qu'on a fait rentrer dans le groupe des plaquettes du sang, comme dans un omnibus, tous les éléments figurés du sang qui présentent des caractères tant soit peu différents des vraies hématies, des véritables leucocytes. On en décrit des anucléées et des nucléées; des hémoglobiques et des anhémoglobiques. Elles sont capables de faire des mouvements amiboïdes ou sont immobiles. On n'est accord ni sur leurs dimensions, ni sur leur structure. Tant que nous ne possèderons pas un moyen d'examiner le sang frais, hors des vaisseaux, sans en altérer mécaniquement ou chimiquement les éléments figurés, nous ne saurions porter un jugement ferme sur la nature des plaquettes du sang. Pour ma part, comme je l'ai déjà dit (p. 588), je ne crois à l'existence d'une troisième forme d'éléments figurés du sang, en tant qu'élément indépendant des leucocytes et des hématies. Cette troisième forme d'éléments est, à mon avis, le terme ou le stade ultime de l'évolution des leucocytes ou des hématies soit dans le sang circulant, soit à la suite de leurs altérations mécaniques ou chimiques.

Les résultats auxquels j'arrive en ce qui concerne la nature des plaquettes du sang sont identiques à ceux de E. Schwalbe[1] qui, après avoir consacré de longues recherches à ces éléments, expose, dans une revue des plus soignées, l'ensemble de la question.

Après l'analyse de 63 travaux, il conclut à peu près dans les mêmes termes que moi-même : rien, dit-il, ne prouve que les plaquettes du sang représentent une troisième espèce d'éléments normaux, distincts des hématies et des leucocytes : ce ne sont que des restes ou détritus de ces deux dernières formes. Quant aux *thrombocytes*, ils me semblent une variété de leucocytes arrivés au stade ultime de leur évolution. Leurs prétendus mouvements amiboïdes ne sont que les expansions que subit le protoplasma sous l'influence de l'hydratation, de la désagrégation et de l'effritement. J'avais déjà déjà conclu ainsi après de longues recherches sur les leucocytes[2].

1. Bau und Entstehung der Blutplättchen, *Ergebnisse der allgemeinen Pathologie*, 8e année, 1904, p. 150.
2. Voir le *Journal de l'Anatomie*, 1897, p. 488 et 1901, p. 655.

b) Phénomènes morphologiques de la coagulation.

Lorsque le sang commence à s'altérer, il se coagule. Tant qu'on ignorait les éléments figurés du sang, on attribuait la formation du caillot à la précipitation d'un principe, dit fibrine liquide. Le contact de l'air aurait déterminé ce changement d'état : on décrivit une fibrine liquide, une autre concrète.

D'autres expliquèrent les faits apparents en admettant le développement et la décomposition de substances albuminoïdes.

Pour Al. Schmidt, les principes formateurs de la fibrine proviennent essentiellement des éléments figurés du sang et non point uniquement du plasma.

Certains sels, surtout les sels de chaux, favorisent la formation de la fibrine. Arthus et Pagès montrèrent que le sang privé de sels de chaux ne coagule plus. (Voir l'historique dans E. Schwalhe cité, 1900, p. 5).

Hammarsten, enfin, prépare à l'état de pureté la substance albuminoïde dite fibrinogène et montre qu'elle forme de la fibrine en se combinant avec le fibrinferment, sans que les sels de chaux soient nécessaires. Il se produit donc un élément nouveau dans le sang, lorsque celui-ci passe de l'état liquide à l'état solide.

Dès le XVIIIe siècle, on savait que le sang reste liquide pendant des journées entières à l'intérieur des vaisseaux, même lorsque ceux-ci étaient extraits des animaux vivants. Hewson (1777), Scudamore (1824), Brücke (1857), Lister (1858) ont répété l'expérience avec succès[1].

Si l'on enlève, dit Frédericq (*loc. cit.*), les veines jugulaires du cheval (Lister, Glénard), le sang s'y conserve longtemps liquide dans leur intérieur. Les aiguilles métalliques, les stylets de verre que l'on glisse à l'intérieur des vaisseaux d'un animal vivant, tous les corps solides, morts ou vivants, qu'on y introduit, se recouvrent en quelques minutes de dépôts fibrineux.

Pour la majorité des observateurs, les plaquettes du sang seraient le point de départ des dépôts fibrineux. Mais d'où proviennent les plaquettes sanguines? Pendant des années, on les faisait dériver des leucocytes (Voir plus haut, Lilienfeld et autres, p. 616). Il s'agirait toutefois de décider si les plaquettes du sang préexistent dans le sang ou résultent d'un commencement d'altération. Les leucocytes fourniraient donc un élément morphologique qui se transformerait en fibrinferment.

Pour d'autres, ce ne sont pas les leucocytes, mais les hématies qui, en s'altérant, produisent les plaquettes et le fibrinferment.

E. Schwalbe, employant la méthode exposée plus haut (p. 618) montre que le sang ne se coagule pas, tant que les éléments figurés, surtout les hématies, ne sont pas altérés dans leur forme et leur constitution. Le sang vivant ne contient pas non plus de plaquettes.

Les solutions hypotoniques de sel marin retardent ou empêchent la

1. Voir Frédéricq, article COAGULATION DU SANG du *Dictionnaire de Physiologie* de Ch. Richet, t. III, p. 833, 1898.

coagulation du sang, tandis que les solutions hyperisotoniques hâtent la coagulation. Lorsque les solutions sont concentrées, elles empêchent la coagulation. Avec des solutions de 5 à 10 p. 100 de sel marin, on voit se produire, sur les hématies, des épines qui se pédiculisent ensuite et se détachent (Bettmann). Lorsque les solutions sont plus concentrées encore, c'est-à-dire lorsqu'elles empêchent la coagulation, elles préviennent la production d'épines et, par suite, la formation de bourgeons qui s'en détachent.

Plus les épines sont nombreuses, plus il se produit de bourgeons libres et de plaquettes sanguines aux dépens des hématies, et, plus vite se fait la coagulation. Lorsque la coagulation est retardée ou empêchée, il y a absence d'épines sur les hématies. Donc les épines ou les bourgeons (plaquettes sanguines) fournissent les matériaux de la coagulation.

Il est probable que les bourgeons émis par les leucocytes se comportent de même au point de vue de la coagulation.

En un mot, ces bourgeons d'origine leucocytaire ou hématique sont l'origine du ferment de coagulation.

Nous savons que les ferments sont élaborés par les cellules. Donc les bourgeons émis par les éléments figurés du sang sont le signe de la mort de ces éléments.

Or, Hammarsten a montré que la fibrine se forme grâce au développement du fibrinogène (substance albuminoïde) et du fibrinferment. C'est donc le fibrinferment qui semble être fourni par les éléments figurés du sang, dès que ces éléments commencent à s'altérer.

Conclusion. — Le sang qui se coagule présente des leucocytes et des hématies modifiés dans leur forme et leur constitution. De ces deux éléments se séparent des portions protoplasmiques (plaquettes du sang ou fibrinferment) qui constituent les points nodaux du réseau fibrineux.

(*A suivre.*)

ESTOMAC DE NOUVEAU-NÉ A TENDANCE BILOCULAIRE

HYPERTROPHIE DE LA COUCHE MOYENNE DE LA TUNIQUE MUSCULAIRE AU NIVEAU DU PYLORE, DU SEGMENT RÉTRÉCI ET DE LA GROSSE TUBÉROSITÉ

Par MM. Gabriel DELAMARE et DIEULAFÉ.

La réalité et le mécanisme de la biloculation gastrique congénitale ont suscité de nombreuses discussions.

Admise par Strüthers, Hudson, Williams, etc., cette anomalie est niée par Sütton et Chabrié. Parmi les partisans de son existence, les uns attribuent sa genèse à une contraction musculaire partielle ou à la présence de faisceaux musculaires anormaux, les autres invoquent un retour à l'état ancestral.

*
* *

Les nombreux mémoires parus sur cette question controversée sont, pour la plupart, analysés dans les études de Chabrié (*l'Estomac biloculaire*, Thèse de Toulouse, 1894) et de Hirsch (l'Estomac en sablier, *Virchow's Archiv*, 1895, volume 140, page 459).

Le premier cas d'estomac biloculaire congénital a été signalé par Struthers en 1851; ensuite, Hudson, Williams, Baker, Stoker, Mazotti, Kern, Saake, Jago ont admis la congénitalité d'estomacs biloculaires observés chez l'adulte en dehors de toute autre altération morbide. De même, Carrington a attribué une semblable origine à plusieurs cas de ce genre; dans une des observations de cet auteur, une anomalie artérielle coexistait avec l'anomalie viscérale : une artère du volume de la radiale pénétrait directement dans la paroi antérieure de l'une des poches gastriques. Dans le *Morphologische Jahrbuch* de 1900, Bolk cite le cas d'un homme adulte qui présentait sur plusieurs organes la persistance des

formes fœtales et montrait au niveau de l'estomac une sorte de biloculation assez comparable à celle des hylobatides.

Williams a cru trouver des caractères différentiels entre la stricture congénitale et la stricture pathologique, acquise : plus longue et plus étroite, la stricture congénitale siégerait au milieu de l'estomac ou serait plus voisine du cardia que du pylore. Cet anatomiste attribue la stricture congénitale à une contraction musculaire partielle. Pour Saake, elle serait due à des faisceaux musculaires anormaux. Luton, Cruveilhier, Hanfield, Jones, Leube et Carrington l'expliquent par un retour à l'état ancestral à cause de sa ressemblance avec l'estomac des ruminants. D'après Wiedersheim, elle correspondrait peut-être à une forme qui existe chez les semnopithèques; la disparition habituelle de cette forme primitive serait peut-être due au passage du régime frugivore ou herbivore au régime carnivore.

Chabrié met en doute l'origine congénitale de la biloculation : « de toutes les observations invoquées pour démontrer la congénitalité de l'estomac biloculaire, pas une seule, dit-il, n'a été prise sur un nouveau-né, toutes se rapportent à des adultes; en second lieu, aucun fait anatomique ne prouve que cet état était d'origine congénitale; au contraire, la forme en était identique à des formes qui sont certainement d'origine acquise. On devrait trouver des dispositions spéciales du péritoine, des tuniques, des vaisseaux en rapport avec cette forme nouvelle, ce qui n'existe pas, le fait de Carrington excepté et encore n'a-t-il rien de démonstratif. Enfin, ajoutons qu'on n'a jamais trouvé chez le fœtus ou chez le nouveau-né d'estomac biloculaire. M. le professeur Charpy qui a pu étudier un nombre considérable d'enfants, nous a affirmé n'avoir jamais rencontré sur aucun d'entre eux le moindre signe d'étranglement pouvant faire songer à une biloculation quelconque de l'estomac; cette assertion repose sur un nombre d'examens nécropsiques supérieur à deux cents. Quant à nous, il ne nous est jamais arrivé de trouver à l'ouverture de cadavres de fœtus ou de nouveau-nés la moindre apparence de constriction et, cette année même, sur douze autopsies d'enfants, nous n'avons jamais constaté la plus légère biloculation alors qu'un nombre égal d'adultes nous en offrait plusieurs cas. A l'appui de ces constatations, nous citerons encore le témoignage de Sütton qui nie l'origine congénitale de l'estomac en sablier et assure ne l'avoir jamais trouvé chez les enfants. »

***

A l'autopsie d'un nouveau-né, hérédosyphilitique mais exempt de malformations nasales, palatines, auriculaires, thoraciques, hépatiques, péritonéales ou vasculaires[1], nous avons trouvé un

Fig. 1. — Estomac de nouveau-né; remarquer la direction verticale et le léger étranglement qui occupe la partie moyenne de ce viscère.

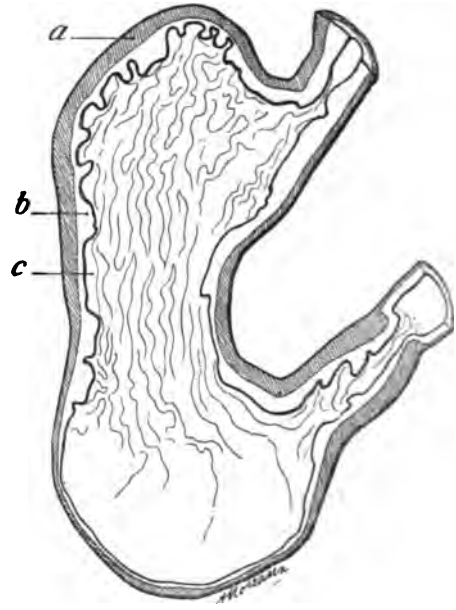


Fig. 2. — Section verticale passant par les deux courbures; remarquer l'épaississement de la musculeuse au niveau de la grosse tubérosité, du segment rétréci et du pylore et l'exagération des plis de la muqueuse dans les régions précédentes. — *a*, coupe de la musculeuse; *b*, coupe de la sous-muqueuse; *c*, coupe de la muqueuse.

estomac, remarquable par la verticalité de sa direction (voir fig. 1), par l'épaisseur considérable de ses parois au niveau de la grosse tubérosité et du canal pylorique (voir fig. 2) ainsi que par le léger étranglement qu'il présentait à sa partie moyenne.

Un peu plus voisin du cardia que du pylore, le segment rétréci est long de 1 cm. et large de 2 cm. 2; il sépare les deux ampoules supérieure et inférieure, formées par la grosse tubérosité et le vestibule

1. Les vaisseaux de ce sujet ont été injectés par une masse au plâtre chromé.

pylorique; la paroi de la grosse tubérosité est très épaisse, celle du vestibule pylorique est fort mince.

Haut de 7 cm., cet estomac est large de :

3 cm. 5	au niveau	de la grosse tubérosité,
2 cm. 2	—	du segment rétréci,
3 cm. 5	—	du vestibule pylorique,
1 cm. 3	—	du canal pylorique.

Sur une coupe verticale et frontale, passant par les deux bords de l'organe, on constate que l'épaisseur de la paroi gastrique, mesurée le long de la grande courbure, est de

0 cm. 4	au niveau	de l'orifice cardiaque,
0 cm. 5	—	de la grosse tubérosité,
0 cm. 5	—	du segment rétréci;
0 cm. 1	—	du vestibule pylorique,
0 cm. 4	—	du canal pylorique.

En somme, seule l'épaisseur du vestibule pylorique est normale; celle de la grosse tubérosité et du segment rétréci est cinq fois trop considérable, celle du pylore est augmentée d'environ un tiers.

Dépourvue de toute altération macroscopique (ecchymoses, ulcérations, végétations), la muqueuse présente des plis très nombreux, très saillants, parallèles et presque verticaux au niveau des zones épaisses (grosse tubérosité, segment rétréci) tandis qu'elle n'offre que quelques rares saillies peu élevées et divergentes au niveau de la zone mince (vestibule pylorique).

Mesurée le long de la grande courbure, l'épaisseur de la tunique musculaire est de

0 cm. 3	au niveau	de l'orifice cardiaque,
0 cm. 2	—	de la grosse tubérosité,
0 cm. 2	—	du segment rétréci,
0 cm. 3	—	du canal pylorique.

C'est donc bien l'hypertrophie de la musculeuse qui est, en grande partie, responsable des épaississements constatés; c'est elle qui contribue à étrangler légèrement l'estomac à sa partie moyenne et c'est elle qui rétrécit l'orifice pylorique. Ajoutons à ce propos qu'avant de sectionner l'estomac, nous avons eu soin de constater la parfaite perméabilité de l'orifice pylorique.

Nous avons pratiqué l'examen histologique de la paroi de cet estomac en trois points : au niveau du segment rétréci, du vestibule et du canal pylorique.

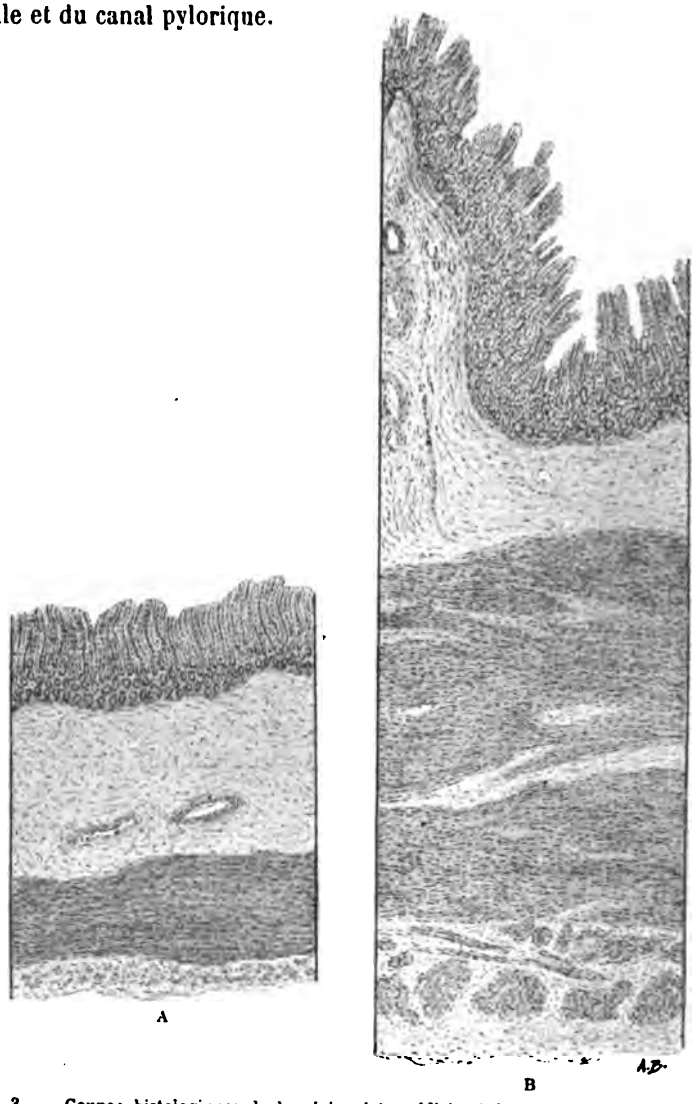


Fig. 3. — Coupes histologiques de la région intermédiaire à la grosse tubérosité et au vestibule prépylorique, A) d'un estomac normal, B) de l'estomac anormal qui fait l'objet de cette observation. Comparer l'épaisseur de la tunique musculaire.

Sur les coupes obtenues soit par le microtome à congélation de Jung, soit par le microtome à paraffine de Minot, nous avons cons-

taté après coloration par l'hématoxyline d'Ehrlich et le mélange de Van Gieson l'absence de lésions muqueuses ou sous-muqueuses et

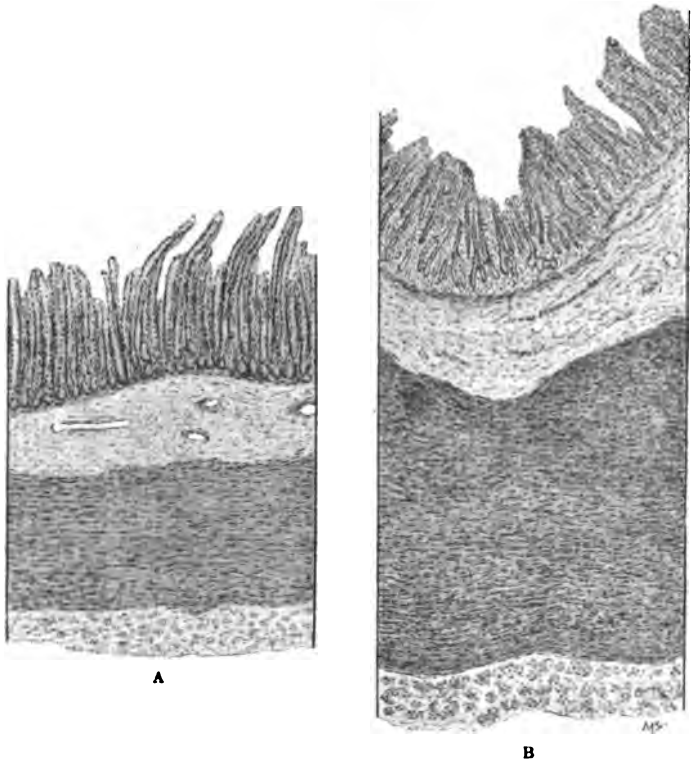


Fig. 4. — Coupes histologiques de la région pylorique A) d'un estomac normal, B) de l'estomac anormal qui fait l'objet de cette observation. Comparer l'épaisseur de la musculeuse et remarquer que l'hypertrophie porte surtout sur la couche des fibres moyennes.

l'hypertrophie considérable de la couche moyenne de la tunique musculaire au niveau du segment rétréci et du canal pylorique.

*
* *

Cette observation nous parait propre : 1° à démontrer la réalité de la biloculation congénitale; 2° à établir des relations génétiques, intéressantes entre le développement de cette anomalie et l'hypertrophie partielle segmentaire de la tunique musculaire de l'estomac.

L'hypertrophie de la couche moyenne de la musculeuse gastrique nous paraît bien être la cause du segment légèrement étranglé qui sépare la grosse tubérosité du vestibule pylorique.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME QUARANTE-DEUXIÈME

ANATOMIE HUMAINE, GÉNÉRALE, PATHOLOGIQUE

Répartition des glandes de l'estomac (Jouvenel) 1
Le fémur (Le Damany) 39
Structure de la glande infundibulaire des poissons (Gemelli) . . . 77
Le muscle dilatateur de la pupille chez le phoque (Gabrielidès) . . 87
Les artères du sympathique (Delamare et Tanasesco) 97
L'angle sacro-pelvien (Le Damany) 153
Développement de l'os maxillaire inférieur (Dieulafé et Herpin) . . 239
Les torsions osseuses (Le Damany) 293
Estomac de nouveau-né à tendance biloculaire (Delamare et Dieulafé). 624

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, TÉRATOLOGIE

Évolution du tissu osseux (Retterer) 193
Contributions à l'étude des granulations chromatiques ou nucléoïdes (Lowenthal) 305
Les monstres hypsiloïdes et xioïdes (Lesbre et Forgeot) 357
Colorations vitales et post-vitales (Retterer) 436
Développement phylogénique de certains muscles sus-hyoïdiens (Rouvière) 487
Facteurs de la forme et de la fasciculisation des spermies dans le testicule (Loisel) 541
Des hématies des mammifères (Retterer) 567

PHYSIOLOGIE

L'irritabilité dans l'anesthésie (Féré) 108
Actions musculaires locomotrices (Le Hello) 141
L'économie de l'effort et le travail attrayant (Féré) 253
Expériences sur l'alypine (Féré) 417

ANALYSES DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

ANGLAS et SAUNIER. — Planches d'histoire naturelle 95
ATHIAS. — Anatomia da cellula nervosa 94
BARDELEBEN. — Lehrbuch der systematischen Anatomie des Menschen. 92
CHAUDEZON. — Principes d'anatomie et de physiologie 95
KEMPER. — The worlds anatomists 413
LAULANIÉ. — Éléments de physiologie 93
LE DANTEC. — Introduction à la pathologie générale 415
PILCZ. — Psychiatrie comparée des races 413
POTTER. — Topographie of the thorax and abdomen 95
Structure des ganglions lymphatiques 414

TABLE DES AUTEURS

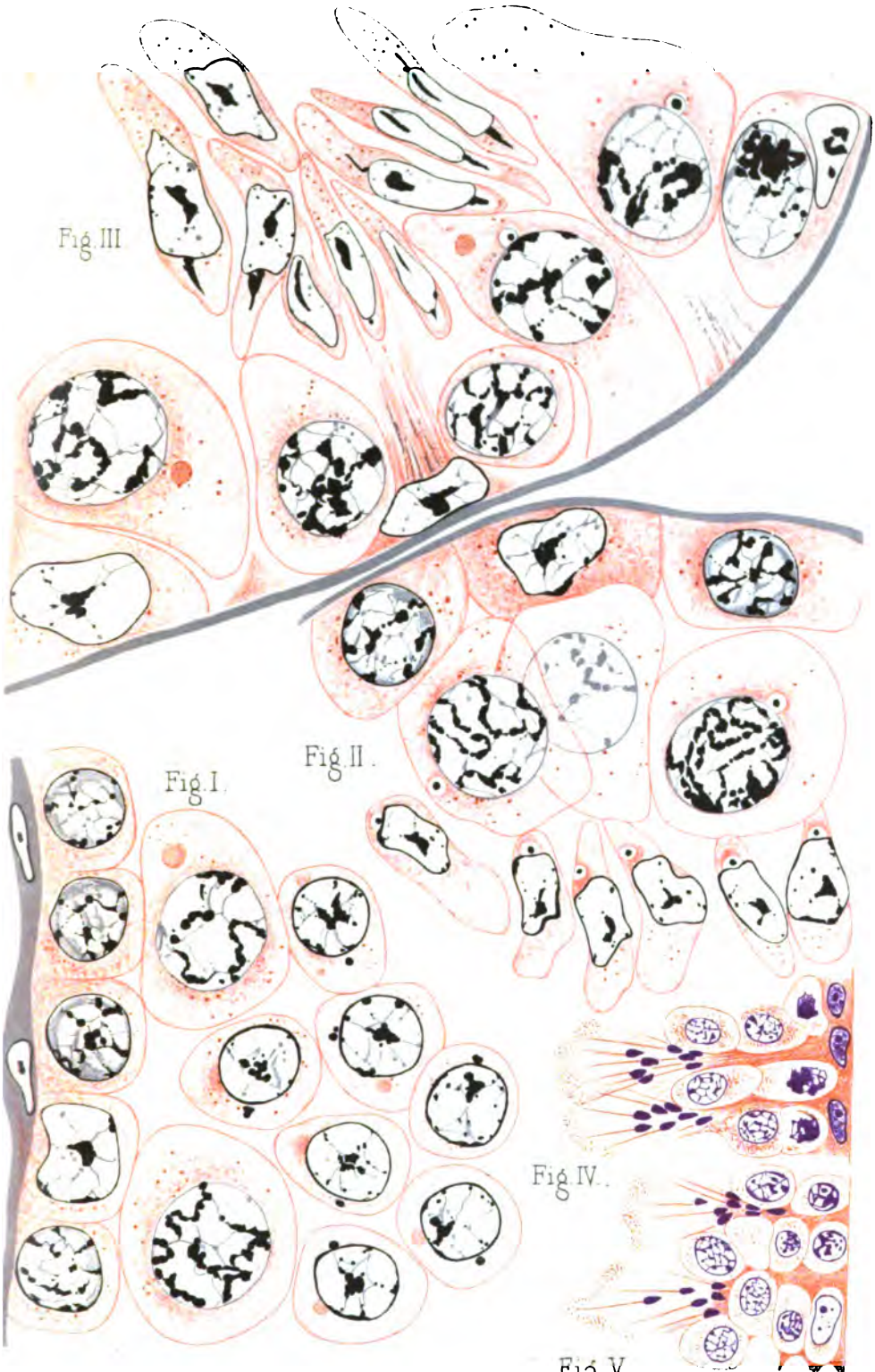
ANGLAS et SAUNIÉ. — Planches d'histoire naturelle (*Analyse*). . . 95
ATHIAS. — Anatomia da cellula nervosa (*Analyse*). 94
BARDELEBEN. — Lehrbuch der systematischen Anatomie des Menschen (*Analyse*). 92
CHAUDEZON. — Principes d'anatomie et de physiologie (*Analyse*). . 95
DELAMARE et TANASESCO. — Les artères du sympathique 97
DELAMARE et DIEULAFÉ. — Estomac de nouveau-né à tendance biloculaire 624
DIEULAFÉ et HERPIN. — Développement de l'os maxillaire inférieur. 239
FÉRÉ. — L'irritabilité dans l'anesthésie 108
FÉRÉ. — L'économie de l'effort et le travail attrayant 253
FÉRÉ. — Expériences sur l'alypine. 417
GABRIELIDÈS. — Le muscle dilatateur de la pupille chez le phoque. 87
GEMELLI. — La structure de la région infundibulaire chez les poissons. 77
JOUVENEL. — Répartition des glandes de l'estomac 1
KEMPER. — The worlds anatomists (*Analyse*). 413
LAULANIÉ. — Éléments de psychologie (*Analyse*). 93
LE DANTEC. — Introduction à la pathologie générale. 415
LE DAMANY. — Le fémur 39
LE DAMANY. — L'angle sacro-pelvien. 153
LE DAMANY. — Les torsions osseuses. 293
LE HELLO. — Actions musculaires locomotrices. 141
LESBRE et FORGEOT. — Les monstres hypsoïdes et xioïdes 357
LOISEL. — Facteurs de la forme et de la fasciculisation des spermies dans le testicule. 541
LÖWENTHAL. — Contributions à l'étude des granulations chromatiques ou nucléoïdes 305
PILCZ — La psychiatrie des races (*Analyse*). 483
POTTER. — Topographie of the thorax and abdomen (*Analyse*) . . 95
RETTERER. — Évolution du tissu osseux. 193
RETTERER. — Éléments servant à la croissance et à la rénovation du derme 297
RETTERER. — Coloration du tissu osseux 436
RETTERER. — Des hématies des mammifères 567
ROUVIÈRE. — Développement phylogénique de certains muscles sus-hyoïdiens. 487

TABLE DES PLANCHES HORS TEXTE

PLANCHE I. — Glandes de l'estomac (Jouvenel).
PLANCHE II. — La structure de la région infundibulaire des poissons (Gemelli).
PLANCHES III et IV. — Les artères du sympathique (Delamare et Tanasesco).
PLANCHES V et VI. — L'irritabilité dans l'anesthésie (Féré).
PLANCHE VII. — Les granulations chromatiques ou nucléoïdes (Lowenthal).
PLANCHE VIII. — Colorations du tissu nerveux (Retterer).
PLANCHES IX à XI. — Développement phylogénique de certains muscles hyoïdiens (Rouvière).
PLANCHES XII et XIII. — Facteurs de la forme et de la fasciculisation des spermies dans le testicule (Loisel).

Le propriétaire-gérant : FÉLIX ALCAN.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.



rd. lith. Imp. L. Lafontaine. Paris.

Les facteurs de la forme et de la fasciculation des Spermies dans le Testicule

Gustave LOISEL

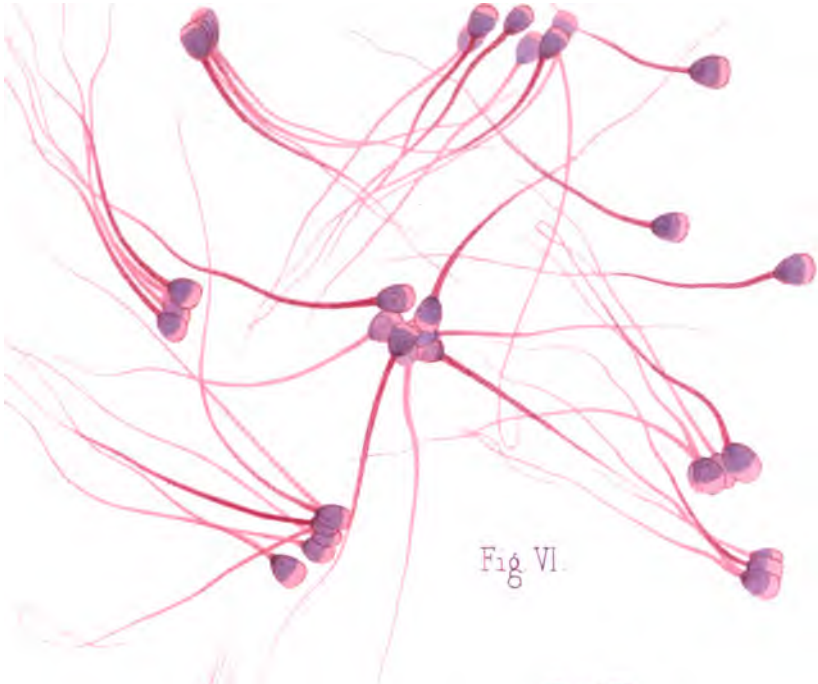


Fig. VI.

Fig. VII.

nard, lith. Imp. L. Lafontaine, Paris

Les facteurs de la forme et de la fasciculation des Spermies dans le Testicule.
Gustave LOISEL.

225394